



Tesis - RE142541

Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan Dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka

Taufik Abdullah

03211550010204

Dosen Pembimbing

Dr. Ali Masduqi, ST., MT

PROGRAM MAGISTER

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



Thesis - RE142541

Study Of Decreasing Of Surface Water Turbidity by Open Hydrocyclone Flocculation Processes

Taufik Abdullah

03211550010204

Dosen Pembimbing

Dr. Ali Masduqi, ST., MT

MASTER PROGRAM

DEPARTEMEN OF ENVIRONMENT ENGINEERING

FACULTY OF CIVI, ENVIRONMRNT, AND GEO ENGINEERING

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

STUDI PENURUNAN KEKERUHAN AIR PERMUKAAN DENGAN PROSES FLOKULASI HYDROCYCLONE TERBUKA

Nama : Taufik Abdullah
NRP : 03211550010204
Pembimbing : Dr. Ali Masduqi, ST., MT

ABSTRAK

Kekeruhan air disebabkan oleh penurunan zat padat baik tersuspensi maupun koloid. Partikel koloid penyebab kekeruhan ini memiliki muatan yang stabil sehingga sulit untuk hilangkan. Partikel koloid menjadi stabil karena bermuatan listrik yang sama sehingga timbul gaya tolak-menolak antar partikel. Partikel koloid ini disisihkan dengan cara koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi satu kesatuan proses yang tak terpisahkan. Flokulator yang biasa digunakan dalam pengolahan air berdasarkan besarnya energi yang disuplay ke dalam air adalah pengadukan mekanis, pneumatis, dan hidrolis. Secara umum flokulator pneumatis dan mekanis lebih fleksibel dalam power input, sedangkan pengadukan hidrolis tidak fleksibel dalam power input. Masing-masing jenis flokulator ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan lahan yang luas dan waktu detensi yang cukup lama.

Merujuk pada kekurangan tersebut, penelitian ini mencoba untuk menyederhanakan proses yang ada yaitu dengan memanfaatkan alat *hydrocyclone* terbuka yang sebagai flokulator dengan memanfaatkan proses pemisahan melalui perpaduan gaya gravitasi dan gaya sentrifugal. Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyisihan kekeruhan pada *hydrocyclone* diantaranya panjang silinder, dan panjang *cone*. Penelitian ini akan mengkaji panjang silinder, dan panjang *cone* yang paling signifikan mempengaruhi kekeruhan secara serentak, serta menganalisis rentang kekeruhan air permukaan yang bisa digunakan oleh *hydrocyclone* terbuka.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, alat *hydrocyclone* terbuka bisa digunakan sebagai alat untuk mengurangi kekeruhan air permukaan. Dihasilkan bahwa penyisihan kekeruhan paling baik terjadi pada variasi panjang silinder 30 cm dan panjang *cone* 50 cm, dengan persentasi penyisihan sebesar 93,83 % serta alat *hydrocyclone* terbuka paling baik digunakan untuk air permukaan dengan tingkat kekeruhan tinggi yaitu kekeruhan antara 100-154 NTU.

Kata kunci: *hydrocyclone*, kekeruhan air permukaan, panjang silinder, panjang *cone*

Halaman ini sengaja dikosongkan

STUDY OF DECREASING OF SURFACE WATER TURBIDITY BY OPEN HYDROCYCLONE FLOCCULATION PROCESS

Nama : Taufik Abdullah
NRP : 03211550010204
Pembimbing : Dr. Ali Masduqi, ST., MT

ABSTRACT

Water turbidity were caused by both suspended and colloidal solids degradation. The colloidal particles that cause turbidity have a stable charge that is difficult to remove. The colloidal particles become stable because they were electrically charged so that there arises the repulsive forces between the particles. These colloid particles were set aside by coagulation and flocculation. The coagulation-flocculation process were the two processes that were assembled into one unity of inseparable process. Flocculators commonly used in water treatment based on the amount of energy supplied to water were mechanical, pneumatic, and hydraulic stirring. In general, the pneumatic and mechanical flocculators were more flexible in power input, while the hydraulic stirring was not flexible in the power input. Each type of flocculator have a deficiency that requires large areas and long detention time.

Referring to these shortcomings, this research tries to simplify the process namely utilizes the process of separation through a combination of gravity and centrifugal force. One of which was to made the open tool hydrocyclone. Factors affecting the efficiency of turbidity removal on hydrocyclone included structural, operational, and physical factors. In this research, there were variations on the structure factor that is the variation of cylinder length, cone length and physical factors such as turbidity variation. This study will examine the length of cylinder, and the most significant cone length affects turbidity simultaneously, and was used for what turbidity range.

The results show that, open hydrocyclone tool can be used as a tool to reduce the turbidity of the surface water. It was found that turbidity removal is best at 30 cm long cylinders and 50 cm cone length, with 93,83% removal percentage and open hydrocyclone tool is best used for surface water with high turbidity level between 100-154 NTU.

Keywords: hydrocyclone, surface water turbidity, cylinder length, cone length

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin. Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul **“Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka”** ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dalam bidang Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan serta meluangkan waktu dalam penyusunan Laporan Tesis ini.
2. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D, Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, MM, Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran pada saat seminar proposal, progress hingga ujian lisan.
3. Ketua Program Pascasarjana Teknik Lingkungan, Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT, serta seluruh dosen , staf dan karyawan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
4. Kepada para teknisi dan laboran Laboratorium Teknologi Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan ITS yang telah banyak meluangkan waktu hingga larut malam dan hari libur untuk membantu penelitian ini.
5. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membiayai kuliah dan tesis ini hingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
6. Ayahanda H. Mustajab, Ibunda Hj. Siti Fatimah, Kakak saya Hilyati, dan Hidayani atas segala dukungan dan doanya yang tidak pernah putus untuk kesuksesan anaknya.
7. Istri saya Dwi Noorma Putri, S.Si., M.Si, dan putra kami Ayyash Rasyiqul Islam, atas segala motivasi, perhatian dan doa nya serta kesabaran menunggu di rumah selama beberapa waktu.

8. Teman-teman S2 Jurusan Teknik Lingkungan angkatan genap 2015 dan teman-teman mahasiswa Program Magister dan Doktor atas semua ilmu, bantuan dan dukungan yang diberikan.
9. Sahabat dan teman-teman penulis di Surabaya yang telah memberikan doa, cinta, dukungan dan pengetahuan yang kalian berikan. Terimakasih pula atas semua pengalaman dan kebersamaan yang kalian bagi. Semoga kelak Allah mempertemukan kita kembali. aamiin

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang. Semoga Allah Subhanahu Wata'ala membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Amin.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Taufik Abdullah

NRP. 03211550010204

Tanggal Ujian : 3 Januari 2018

Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh :

1. Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.
NIP: 196801281994031003

(Pembimbing)

2. Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D
NIP. 195001141979031001

(Penguji)

3. Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.
NIP. 19530502 1981031004

(Penguji)

4. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.
NIP. 196505081993031001

(Penguji)



Dekan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

I D A Warmadewanthi, ST., MT., Ph.D

NIP : 19750212 199903 2 001

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Koagulasi Flokulasi	5
2.1.1 Koagulasi	6
2.1.2 Flokulasi	7
2.2 Persyaratan Kualitas Air Minum	7
2.3 Pengadukan Hidrolis	8
2.3.1 Karakteristik Aliran Hidrolis	9
2.3.2 <i>Head Loss</i>	10
2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi Aliran Fluida	12
2.4 Hydrocyclone	12
2.4.1 Bagian-bagian Hydrocyclone	13
2.4.2 Mekanisme Kerja Hydrocyclone	14
2.5 Penentuan Dimensi Hydrocyclone	16
2.6 Parameter Penting dalam Pengoprasian Hydrocyclone	18
2.7 Aluminium Sulfat Sebagai Bahan Koagulan	18
2.8 Koagulan Optimum	20

2.9	Kekeruhan	20
2.10	Metode Taguchi	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Gambaran Umum Penelitian	23
3.2	Kerangka Penelitian	23
3.3	Tahapan Penelitian	25
3.3.1	Ide Penelitian	25
3.3.2	Studi Literatur	25
3.3.3	Rumusan Masalah	25
3.3.4	Penentuan Variabel Penelitian	26
3.3.5	Persiapan Alat dan Bahan	26
3.3.5.1	Reaktor <i>Hydrocyclone</i> Terbuka.....	26
3.3.5.2	Perlengkapan Perpipaan	30
3.3.5.3	Air Sampel	30
3.3.5.4	Pembuatan Larutan Tawas	31
3.3.5.5	Penentuan Dosis Optimum	31
3.3.5.6	Proses Flokulasi Pada <i>Hydrocyclone</i> terbuka	31
3.3.6	Pelaksanaan Penelitian	32
3.3.7	Prosedur Penelitian	33
3.3.8	Analisis Data dan Pembahasan	33
3.3.9	Kesimpuland dan Saran	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Air Baku	35
4.2	Koagulan Optimum	36
4.3	Unit Flokulasi <i>Hydrocyclone</i> Terbuka dan Katagori Penelitian.....	36
4.4	Pengoprasian <i>Hydrocyclone</i> Terbuka	37
4.4.1	Kemampuan <i>Hdrocyclone</i> Terbuka terhadap Penyisihan Rendah...38	
4.4.2	Kemampuan <i>Hdrocyclone</i> Terbuka terhadap Penyisihan Sedang ...41	
4.4.3	Kemampuan <i>Hdrocyclone</i> Terbuka terhadap Penyisihan Tinggi44	
4.5	Kemampuan Pengendapan <i>Hydrocyclone</i> Terbuka	47
4.6	Gradien Kecepatan Proses Flokulasi <i>Hydrocyclone</i> Terbuka.....	48
4.7	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Hasil <i>Hybrid</i> PCA-Taguchi	50

4.8	Penentuan Kondisi Optimum	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	KESIMPULAN	55
5.2	SARAN	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		63
BIODATA PENULIS		87

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 2.1 Perbandingan Kecepatan Aliran Rata-rata dan Maksimum	9
Tebel 2.2 Perbandingan Dimensi <i>Hydrocyclone</i>	17
Tabel 3.1 Variasi Penelitian Tingkat Kekeruhan Rendah	31
Tabel 3.2 Variasi Penelitian Tingkat Kekeruhan Sedang	32
Tabel 3.3 Variasi Penelitian Tingkat Kekeruhan Tinggi	32
Tabel 4.1 Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk kekeruhan rendah, sedang, tinggi.	36
Tabel 4.2 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan rendah (46 NTU)	39
Tabel 4.3 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan sedang (84 NTU)	42
Tabel 4.4 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan tinggi (154 NTU)	45
Tabel 4.5 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Hasil <i>Hybrid</i> PCA-Taguchi	51
Tabel 4.6 Nilai Mean Setiap Level	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Bagian-bagian pada <i>Hydrocyclone</i> 13
Gambar 2.2	Lintasan aliran pada Hydrocyclone15
Gambar 2.3	Dimensi <i>hydrocyclone</i> 17
Gambar 2.4	Alat Jar Test20
Gambar 2.5	Contoh Kurva Koagulasi20
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian24
Gambar 3.2	Rangkaian Reaktor29
Gambar 3.3	Skema Dimensi <i>Hydrocyclone</i> terbuka30
Gambar 3.4	Titik Pengambilan Sampel33
Gambar 4.1	Air Baku35
Gambar 4.2	Grafik Penurunan Kekeruhan untuk kekeruhan rendah (64 NTU)41
Gambar 4.3	Grafik Penurunan Kekeruhan untuk kekeruhan sedang (84 NTU)44
Gambar 4.4	Grafik Penurunan Kekeruhan untuk kekeruhan Tinggi (154 NTU)47
	<i>Main Efek Plot</i> Respon Panjang Silinder dan Panjang
Gambar 4.5	<i>Cone</i> 52

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekeruhan air disebabkan oleh penurunan zat padat baik tersuspensi maupun koloid (Yahyapour *et al*, 2013). Partikel koloid menjadi stabil karena bermuatan listrik yang sama sehingga timbul gaya tolak-menolak antar partikel. Partikel koloid ini disisihkan dengan cara koagulasi dan flokulasi. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negative. Pembentukan ion positif dan negative juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan (Masduqi and Assomadi, 2012). Pada proses flokulasi terjadi pembentukan flok-flok yang berukuran lebih besar melalui pengadukan lambat dan dapat mengendap dengan cepat (Pusteklim, 2007). Proses penggumpalan ini bergantung dari waktu dan pengadukan lambat dalam air (Stumm dan Morgan, 1996). Proses koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi satu kesatuan proses yang tak terpisahkan (Masduqi and Assomadi, 2012).

Flokulator yang biasa digunakan dalam pengolahan air berdasarkan besarnya energi yang disuplay ke dalam air adalah pengadukan mekanis, pneumatis, dan hidrolis (Reynold dan Richard, 1996). Secara umum flokulator pneumatis dan mekanis lebih fleksibel dalam power input, sedangkan pengadukan hidrolis tidak fleksibel dalam power input. Masing-masing jenis flokulator ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan lahan yang luas dan waktu detensi yang cukup lama.

Merujuk pada kekurangan di atas, penelitian ini mencoba untuk menyederhanakan proses tersebut dengan pengadukan hidrolis yaitu memanfaatkan proses pemisahan melalui perpaduan gaya gravitasi dan gaya sentrifugal, salah satunya adalah membuat alat *hydrocyclone* terbuka. Dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi ini diharapkan terjadi pengadukan dalam air sehingga

tidak diperlukan lagi mesin-mesin dan peralatan pengaduk serta akan menghemat pemakaian listrik yang diperlukan untuk menggerakkan peralatan tersebut.

Hydroyclone merupakan alat yang dapat memisahkan partikel padat dengan air dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. *Hydrocyclone* banyak digunakan diberbagai industri karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya kapasitas besar, struktur sederhana, biaya rendah, luas lahan yang kecil, dan pemeliharaan mudah (Sripriya *et al*, 2007). Beberapa keunggulan yang dimiliki *hydrocyclone* dapat menutupi kelemahan bak prasedimentasi, serta diharapkan dapat diterapkan sebagai *pre-treatment* pengolahan air bersih dan air minum. Namun untuk menghasilkan air bersih yang layak untuk digunakan tentu alat ini membutuhkan pengolahan tambahan, seperti filter. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Al-Fatlawi and Al-Hashimi (2013) didapatkan hasil bahwa *hydrocyclone* memiliki efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar 52,3%. Efisiensi ini bisa berubah dengan memodifikasi bentuk struktural, operasional, atau fisik (Copper and Alley, 2010). Penelitian ini akan melakukan modifikasi pada faktor structural dan factor fisik yaitu memvariasikan panjang silinder dan *cone* serta variasi tingkat kekeruhan agar mendapatkan hasil penyisihan kekeruhan yang baik.

Hydrocyclone terdiri dari bagian silinder dan bagian *cone*. Pada penelitian ini, silinder berperan dalam proses flokulasi dan menciptakan gaya sentrifugal karena melekat langsung dengan pipa inlet. Sedangkan bagian *cone* berfungsi untuk tempat mengendapkan flok-flok yang terbentuk pada proses flokulasi. Dengan memodifikasi bagian silinder dan *cone* pada hydrocyclone dapat mengubah *performance* dari unit tersebut (Rushton *et al*, 2000).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari latar belakang penelitian adalah:

1. Bagaimana variasi panjang silinder yang optimum agar diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan yang baik?
2. Bagaimana variasi panjang *cone* yang optimum agar diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan yang baik?

3. Pada rentang kekeruhan berapa alat *hydrocyclone* sistem terbuka dapat digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis panjang silinder yang optimum agar diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan yang baik
2. Menganalisis panjang *cone* yang optimum agar diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan yang baik.
3. Menganalisis rentang kekeruhan air permukaan berapa alat *hydrocyclone* system terbuka dapat digunakan.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratotium
2. Penelitian ini akan membahas masalah flokulasi dalam bentuk *hydrocyclone* system terbuka
3. Parameter yang di uji adalah kekeruhan.
4. Air baku yang digunakan adalah air permukaan.
5. Variable penelitian adalah
 - Panjang silinder *hydrocyclone* terbuka. Ada tiga variasi panjang, yaitu 40 cm, 30 cm, dan 20 cm
 - Panjang *cone hydrocyclone* terbuka. Ada tiga variasi panjang yang dibuat yaitu, 60 cm, 50 cm dan 40 cm.
 - Variasi kekeruhan yaitu rendah, sedang, dan tinggi
6. Titik sampling yang digunakan untuk analisis adalah terletak pada *inlet*, *overflow*, dan *underflow hydrocyclone*.
- 7.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah mendapatkan air dengan kekeruhan rendah < 10 NTU, sehingga pengoahan bisa dilanjutkan dengan filter untuk mendapatkan air minum sesuai permenkes nomor 492 tahun 2010

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Koagulasi dan Flokulasi

Proses Koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi satu kesatuan proses yang tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negative. Pembentukan ion positif dan negative juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan (Masduqi and Assomadi, 2012). Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dan ion negative dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dan ion negative dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat (Masschelein, 1992).

Cara mendestabilisasi partikel dilakukan dalam dua tahap, pertama dengan mengurangi muatan elektrostatis sehingga menurunkan nilai zeta potensial dari koloid, proses ini lazim disebut sebagai koagulasi. Kedua adalah memberikan kesempatan pada partikel untuk saling bertumbukan dan bergabung, cara ini dapat dilakukan dengan cara pengadukan, disebut sebagai flokulasi. Kecepatan penggabungan dua partikel dengan diameter berbeda akan sebanding dengan konsentrasi partikel, gradien kecepatan dan jumlah jari-jari dari partikel yang bergabung (Fair, *et al*, 1971).

Unit proses koagulasi-flokulasi biasanya terdiri dari tiga langkah pengolahan yang terpisah yaitu Metcalf and Eddy (2004):

1. Pada proses pengadukan cepat, bahan-bahan kimia yang sesuai ditambahkan ke dalam aliran air limbah yang kemudian diaduk pada kecepatan tinggi secara intensif,

2. Pada proses pengadukan lambat, air limbah diaduk pada kecepatan sedang supaya membentuk flok-flok besar sehingga mudah diendapkan,
3. Pada proses sedimentasi, flok yang terbentuk selama flokulasi dibiarkan mengendap kemudian dipisahkan dari aliran *effluent*.

2.1.1 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi dengan suatu koagulan yang akan membentuk flok-flok halus hingga dapat diendapkan. Proses koagulasi terjadi pada pengadukan cepat (Pusteklim, 2007). Sedangkan Goerge and Buston (1991); Eckenfelder (2000) mendefinisikan proses koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan pada partikel tersuspensi dan koloid. Sementara Stumm dan Morgan (1996) mengatakan bahwa penambahan koagulan berfungsi untuk mengikat muatan partikel dan memperkecil ketebalan lapisan difusi disekitar partikel hingga mempermudah penggabungan partikel menjadi agregat yang lebih besar dan secara teknis dapat diendapkan. Koagulasi dipengaruhi berapa factor antara lain pH, dosis koagulan, serta kekeruhan larutan (Rachmawati *et al*, 2009).

Koagulasi terjadi pada proses pengadukan cepat yang bertujuan untuk mempercepat menyeragamkan penyebaran zat kimia melalui air yang diolah. Koagulan yang umum dipakai adalah aluminium sulfat, feri sulfat, fero sulfat, dan PACI. Pengadukan yang efektif ketika menggunakan koagulan seperti tawas karena proses hidrolisnya terjadi dalam hitungan detik dan selanjutnya terjadi adsorpsi partikel koloid (Sutrisno, 2006).

Menurut Jiang (2001), koagulasi merupakan proses yang umum digunakan dalam pengolah air minum untuk menghilangkan warna, kekeruhan, bahan organik alami, dan senyawa anorganik yang terlarut dalam air baku. Dalam prosesnya partikel kecil dan koloid digabung menjadi partikel yang lebih besar yang dapat dihilangkan dengan klarifikasi proses selanjutnya, sedangkan materi organik alami dan senyawa terlarut dihilangkan dengan proses adsorpsi ke permukaan flok dan kemudian dipisahkan dari air.

2.1.2 Flokulasi

Proses flokulasi merupakan proses pembentukan flok-flok yang berukuran lebih besar melalui pengadukan lambat dan dapat mengendap dengan cepat (Pusteklim, 2007). Stumm and Morgan (1996) menyebutkan bahwa proses flokulasi merupakan kelanjutan dari proses koagulasi, dimana mikro flok yang terbentuk pada proses koagulasi mulai bergabung membentuk flok yang lebih besar dan dapat diendapkan. Proses penggabungan flok-flok kecil itu tergantung dari waktu dan pengadukan lambat dalam air. Fair *et al* (1971) menyarankan, nilai gradien kecepatan (G) untuk proses flokulasi berkisar dari 10 – 100/detik mengurangi secara progresif dan Gtd berada dalam batas-batas dari 10^4 - 10^5 . Menurut Stevenson (1997) gradien kecepatan yang biasanya diadopsi adalah sekitar 30/detik untuk efisiensi flok dapat mengendap.

2.2 Pesyaratan Kualitas Air Minum

Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu kegiatan atau keperluan tertentu. Sedangkan kuantitas menyangkut jumlah air yang dibutuhkan manusia dalam kegiatan tertentu. Air adalah materi esensial di dalam kehidupan, tidak ada satupun makhluk hidup di dunia ini yang tidak membutuhkan air. Sebagian besar tubuh manusia itu sendiri terdiri dari air. Tubuh manusia rata-rata mengandung air sebanyak 90 % dari berat badannya. Tubuh orang dewasa, sekitar 55-60%, berat badan terdiri dari air, untuk anak-anak sekitar 65% dan untuk bayi sekitar 80%.

Air bersih dibutuhkan dalam pemenuhan kebutuhan manusia untuk melakukan segala kegiatan mereka. Sehingga perlu diketahui bagaimana air dikatakan bersih dari segi kualitas dan bisa digunakan dalam jumlah yang memadai dalam kegiatan sehari-hari manusia. Ditinjau dari segi kualitas, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, di antaranya kualitas fisik yang terdiri atas kekeruhan, bau, warna dan rasa, kualitas kimia yang terdiri atas pH, kesadahan, dan sebagainya serta kualitas biologi dimana air terbebas dari mikroorganisme penyebab penyakit. Agar kelangsungan hidup manusia dapat berjalan lancar, air bersih juga harus tersedia dalam jumlah yang memadai sesuai dengan aktifitas manusia pada tempat tertentu dan kurun waktu tertentu. Penelitian ini menganalisis

apakah kualitas secara fisik yaitu kekeruhan memenuhi standar kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum yaitu 5 NTU.

2.3 Pengadukan Hidrolis

Pengadukan pada proses koagulasi dan flokulasi merupakan pemberian energi agar terjadi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid, sehingga terbentuk gumpalan (flok) yang mudah mengendap. Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan gerakan air sebagai energi pengaduk seperti gesekan media butiran, energi jatuhnya dan atau ada lompatan hidrolis dalam aliran (Masduqi and Slamet, 2002).

Reynold and Richards (1996) menyatakan bahwa gradien kecepatan (G) merupakan fungsi dari ukuran batu/krikil, debit aliran, luas penampang flokulator dan *headloss*. Pada pengadukan cepat hidrolis diperlukan intensitas atau gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan ($t_d = V/Q$). Kriteria perencanaan yang lebih penting adalah Gt_d yaitu banyaknya tumbukan imajiner 10^4 - 10^5 dan tidak ada zona stagnan. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan berupa *turbulent pipe flow mixer* adalah proses pencampuran yang terjadi di dalam saluran pipa tertutup dengan waktu pengadukan optimum sebesar 20 detik. Pembubukan koagulan diletakkan pada titik di atas turbulensi maksimal dan diameter pipa pembubukan berkisar 0,6 – 1,3 cm. Sedangkan untuk pengadukan lambat hidrolis digunakan model pengadukan *hydrocyclone* terbuka. Flokulator ini memanfaatkan gaya sentrifugal dari *hydrocyclone* terbuka sebagai tenaga pengaduknya, flok yang terbentuk di endapkan pada *cone*.

Pengadukan pada proses koagulasi dan flokulasi merupakan pemberian energi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid agar terbentuk gumpalan (flok) sehingga dapat dipindahkan melalui proses pengendapan dan penyaringan. Dalam proses koagulasi dan flokulasi diperlukan energi dan waktu agar dapat berlangsung. Camp dan Stein mengembangkan persamaan untuk menghitung besar energi dan waktu dengan konsep gradien kecepatan (G) sebagai berikut (Reynold and Richard, 1996):

$$G = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot C}} = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\mu \cdot C}} \quad (2.1)$$

dimana :

- G = gradien kecematan, detik⁻¹
P = daya yang diberikan, kg m²/dtk³, (J/dtk)
μ = viskositas absolut zat cair, kg/m/detik
ε = total daya yang ditimbulkan persatuan massa cairan
C = kapasitas reactor, m³
ρ = massa jenis air, kg/m³
g = kecepatan gravitasi, m/detik²
hf = kehilangan tekanan yang terjadi, m
td = waktu detensi, detik

2.3.1 Karakteristik Aliran Hidrolis

1) Analisa Kecepatan

Aliran yang mengalir dalam pipa fluida bergerak dengan kecepatan yang tidak sama, dimana aliran dekat poros mempunyai kecepatan yang lebih besar dari aliran dekat dinding. Hal ini dapat dilihat sesaat dengan menginjeksikan cairan bewarna ke dalam pipa transparan yang diamati. Kecepatan aliran turbulen hampir sama atau dikatakan nol (0) pada dinding, tetapi naik dengan cepat pada jarak pendek dari dinding. Distrbusi kecepatan arah melintang pipa aliran turbulen tergantung bilangan Reynold (NRe) (Reynold and Richards, 1996).

Perbandingan kecepatan nilai rata-rata dan maksimum dalam pipa berpenampang bulat bervariasi dengan NRe dapat dilihat pada Table 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Kecepatan Aliran Rata-rata dan Maksimum.

Bilangan Reynold (NRe)	V/Vc
0 – 17000	0,5
2000	0,55
3000	0,71
5000	0,76
10000	0,78
30000	0,80
10000 - lebih	0,81

Sumber : King Wisler, 1948

Berdasarkan Tabel 2.1 bahwa aliran $NRe > 10000$ dapat dipastikan kecepatan rata-ratanya adalah 0,8 kecepatan maksimum, dimana radius lingkaran kecepatan rata-rata sebesar $2/3 D$. Dalam aliran laminar dan turbulen distribusi kecepatan dapat berubah karena adanya rintangan-rintangan misalnya pada belokan atau dinding melengkung. Perubahan distribusi akan memperbesar kehilangan tekanan dan meningkatkan intensitas turbulensi.

2) Kehilangan Tekanan dalam Pipa

Kecepatan Distribusi pada aliran turbulen dapat berubah karena adanya rintangan pada belokan atau dinding melengkung. Perubahan distribusi ini memperbesar kehilangan tekanan yang terjadi pada pipa melingkar akan lebih besar dari pada pipa lurus dengan panjang yang sama. Perhitungan kehilangan tekanan pada pipa dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\Delta H = \lambda \cdot \frac{v^2 L}{2gd} \quad (2.2)$$

dimana:

ΔH = Kehilangan tekanan dalam pipa melingkar (m)

v = kecepatan rata-rata (m/detik)

L = panjang pipa (m)

λ = factor koreksi

d = diameter pipa (m)

2.3.2 Head Loss

Head losses adalah kerugian-kerugian yang terjadi dalam aliran pipa yang terdiri atas *major losses* dan *minor losses* seperti pada persamaan 2.3 (Sularso and Tahara, 2000)

$$H = H_f + H_m \quad (2.3)$$

Keterangan:

H = *head losses* (m)

H_f = *major losses* (m)

H_m = *minor losses* (m)

1) *Mayor losses*

Kerugian mayor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada system aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kerugian *head*. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida.

Kerugian *head* akibat dari gesekan dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy-Weisbach seperti pada persamaan 2.4 (Zainudin *et al*, 2012).

$$H_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- H_f = *mayor losses* (m)
- f = factor gesek (bisa diperoleh dari diagram moody)
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (cm)
- v = kecepatan (m/detik)
- g = kecepatan gravitasi bumi (m/detik)

2) *Minor losses*

Kerugian minor adalah kehilangan tekanan yang bisa terjadi pada katub-katub, sambungan tee, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak tetap. Pada aliran yang melewati belokan atau seperti pipa dengan factor gesekan untuk pipa *elbow threaded Regular 90°* sebesar 2.1 dapat dihitung dengan persamaan 2.5 (White *et al*, 1988).

$$\text{Headloss minor (Hm)} = k \frac{v^2}{2g} \quad (2.5)$$

Keterangan:

- H_m = *minor losses* (m)
- k = koefisien kerugian pada fitting
- v = kecepatan (m/detik)
- g = kecepatan gravitasi bumi (m/detik)

Koefisien kerugian tekanan pada sambungan atau fitting *gate valve, 1/2 closed* sebesar 2,1 dan *elbow threaded Regular 90°* untuk kondisi long radius berdasarkan kriteria desain adalah 1,7 (Kawamura, 2000).

2.3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aliran Fluida

Aliran fluida dalam pipa banyak dipengaruhi oleh berbagai macam faktor yang mengakibatkan penurunan tekanan atau kehilangan tekanan sepanjang aliran pipa tersebut yaitu (Rahmat, 2011):

1. Viskositas, densitas, kecepatan aliran fluida
2. Perubahan temperature fluida yang mengubah viskositas dan densitas
3. Panjang, diameter pipa, aliran turbulen dan kekerasan permukaan pipa
4. Posisi tempat masukan fluida yang dihubungkan dengan posisi pompa
5. Jumlah jenis belokan dalam system pemipaan
6. Jumlah dan jenis katub dan sambungan dalam layout pipa
7. Kondisi masukan dan keluaran aliran fluida dalam pipa.

2.4 Hydrocyclone

Pemisahan antara partikel padat dengan cair merupakan unit operasi yang sangat dibutuhkan dalam kegiatan pengguna teknologi pemisahan mekanis seperti pertambangan dan industri kimia. Perangkat yang biasa digunakan adalah filter, *centrifuge*, dan *hydrocyclone*. *Filter* sudah sangat banyak digunakan dalam pengolahan air bersih. *Filter* memiliki kelebihan yaitu efisiensi penyisihan tinggi, namun pemeliharaannya sulit dan waktu detensi yang dibutuhkan cukup lama. *Centrifuge* membutuhkan kecepatan putaran tinggi untuk pemisahan sehingga dibutuhkan energi masuk yang sangat besar pula. *Hydrocyclone* lebih ekonomis dibanding *centrifuge* karena tidak dibutuhkan energi sebesar *centrifuge* untuk mengatasi *pressure drop* sehingga pemisahan dapat terjadi (Motsamai, 2010).

Hydrocyclone juga dikenal sebagai *liquid cyclone*, adalah sebuah alat untuk memisahkan solid-liquid yang tersuspensi. Prinsip kerja dengan sedimentasi secara sentrifugal, partikel tersuspensi diberikan gaya sentrifugal, sehingga menyebabkan partikel tersebut terpisahkan dari air (Kusmayanti, 2014). Seperti *centrifuge*, yang menggunakan prinsip yang sama, pemasangan *hydrocyclone* mudah, tidak

menghabiskan biaya yang banyak, serta mudah dioperasikan. Oleh karena itu alat ini banyak digunakan pada industri pertambangan, kimia, perminyakan, tekstil, dan mentah (Vieira *et al*, 2005).

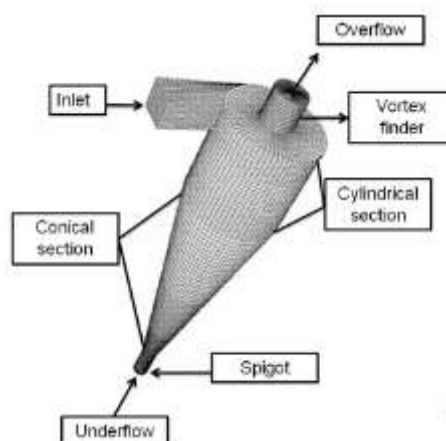
Hydrocyclone memiliki keuntungan antara lain struktur sederhana, biayanya rendah, kapasitas besar dengan tidak membutuhkan lahan yang luas untuk operasional, serta mudah dalam pemeliharaan sehingga *hydroyclone* banyak digunakan di industry (Sripiya *et al*, 2007). *Hydrocyclone* juga mampu beroperasi pada temperature tinggi bila bahannya dari logam, sedangkan kelemahannya adalah efisiensi pengumpulan rendah karena mampu menyisihkan partikel yang berukuran $> 5 \mu\text{m}$ (Cooper dan Alley, 1986).

2.4.1 Bagian-bagian Hydrocyclone

Hydrocyclone terdiri dari sebuah silinder yang biasa disebut *barrel* atau silinder dan sebuah kerucut yang biasa disebut dengan *cone* (Rushton, 2000). Pada intinya *hydrocyclone* terdiri dari tiga bagian (Sriyono, 2012) yaitu:

1. Badan berbentuk silinder vertical dengan bagian bawah berbentuk corong (*conical*)
2. Pipa inlet tangensial fluida
3. Pipa oulet pada bagian bawah atau biasa disebut *underflow* berfungsi untuk mengeluarkan partikel hasil pemisahan, dan pipa *outlet* bagian atas atau biasa disebut *overerflow* untk mengalirkan air bersih.

Untuk lebih jelas, bagian-bagian untuk lebih jelas, bagian-bagian *hydrocyclone* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.1 Bagian-bagian pada *Hydrocyclone* (Teixeira *et al*, 2011).

2.4.2 Mekanisme Kerja *Hydrocyclone*

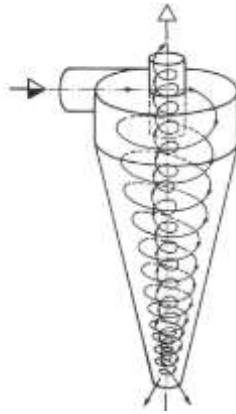
Prinsip operasi *hydrocyclone* sama dengan *centrifuge* yaitu tergantung pada gaya sentrifugal. Pada *hydrocyclone* zat cair dimasukkan ke sebuah *cone* menghasilkan kecepatan tangensial (Rushton *et al*, 2000). Aliran memutar yang terjadi di dalam *hydrocyclone* membentuk gaya sentrifugal sehingga mempermudah pemisahan akibat adanya perbedaan densitas (Saidi *et al*, 2013).

Menurut Wang (2004) bahwa prinsip kerja dari *hydrocyclone* adalah sebagai berikut:

1. Fluida diinjeksikan melalui pipa input, air memasuki *barrel* dengan cara tangensial.
2. Bentuk kerucut *hydrocyclone* menginduksikan aliran gas atau fluida untuk berputar, menciptakan *vortex*.
3. Partikel dengan ukuran atau massa jenis yang lebih besar akan didorong ke arah luar *vortex*.
4. Gaya gravitasi menyebabkan partikel-partikel tersebut jatuh kesisi kerucut menuju tempat *overflow*.
5. Partikel dengan ukuran dan kecepatan yang lebih kecil keluar melalui bagian atas dari *hydrocyclone* melalui pusat yang bertekanan rendah
6. *Hydrocyclone* membuat suatu gaya sentrifugal yang berfungsi untuk memisahkan padatan.

Gaya sentrifugal timbul saat padatan di dalam fluida masuk ke puncak kolektor silindris pada suatu sudut dan diputar dengan cepat mengarah ke bawah seperti pusaran air. Aliran fluida mengalir secara melingkar dan partikel yang lebih berat mengarah kebawah setelah menabrak ke arah dinding *hydrocyclone* dan meluncur ke bawah dan keluar di *underflow*. Didekat dasar *hydrocyclone*, air bergerak berbalik arah ke atas dalam bentuk spiral dan keluar dari bagian *overflow* (Wang, 2004). Ilustrasi arah aliran pada *hydrocyclone* padat dilihat pada Gambar

2.4



Gambar 2.2 Lintasan aliran pada Hydrocyclone (Soccol *et al*, 2007).

Vortex yang juga dikenal sebagai putaran adalah aliran air yang dapat terjadi akibat dari aliran tangensial. Vortex digambarkan sebagai pusaran air yang bergerak berputar terhadap sumbu vertical. Aliran vortex dapat aliran vortex paksa atau aliran vortex bebas, tergantung pada ada tidaknya gaya yang bekerja membentuk aliran vortex (Ridwan *et al*, 2002). Ketika air dalam tabung diputar maka akan bekerja gaya gravitasi dan gaya sentrifugal.

1. Gaya gravitasi

Gaya ini dipengaruhi berat partikel. Besarnya gaya gravitasi dapat diperoleh dengan persamaan 2.6.

$$F = m \cdot g \quad (2.6)$$

Dengan F adalah gaya gravitasi, gm/s^2 ; m adalah massa partikel, g; dan g adalah percepatan gravitasi, $\text{m/s}^2 = 9,8 \text{ m/s}^2$

2. Gaya sentrifugal

Arah gaya ini menjauhi pusat putaran. Besarnya gaya sentrifugal dapat diperoleh dengan persamaan 2.7; 2.8 dan 2.9:

$$F_c = m \cdot a_c \quad (2.7)$$

atau dapat ditulis

$$F_c = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (2.8)$$

Dimana :

F_c = gaya sentrifugal, $\text{g} \cdot \text{rad/s}^2$

m = massa partikel, g

a_c = percepatan sudut, rad/s^2

ω = kecepatan sudut, rad/s

jika $\omega = \frac{v}{r}$, maka:

$$F_c = \frac{m.v^2}{r}, \quad (2.9)$$

dimana :

v = kecepatan tangensial, m/s

r = jarak partikel dari pusat putaran, m

2.5 Penentuan Dimensi *Hydrocyclone*

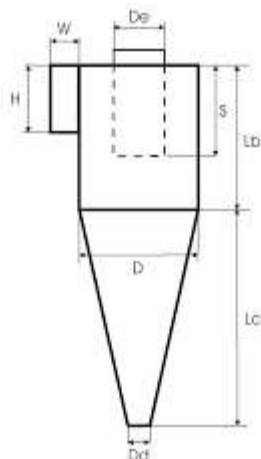
Umumnya Kemampuan *hydrocyclone* dalam menyisahkan partikel diskrit umumnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan dalam mereduksi partikel diskrit. Hal ini diakibatkan oleh tidak diketahuinya pendekatan terbaik dalam menentukan dimensi dan efisiensi *hydrocyclone* sesuai dengan besar laju aliran fluida yang masuk (Kurniawan, 2012). *Hydrocyclone* dengan dimensi yang sama tidak dapat digunakan untuk berbagai tujuan yang sama baiknya (Svarovsky dan Thew, 1992). Untuk itu perlu penelitian lebih lanjut terhadap penentuan dimensi *hydrocyclone* sesuai dengan tujuan, tujuan penelitian ini khususnya untuk menurunkan kekeruhan pada pengolahan bersih.

Dua komponen utama yang harus diperhitungkan untuk mendisain *hydrocyclone* yaitu dimensi dan efisiensi. Dimensi dihitung terlebih dahulu sehingga efisiensi dapat diperoleh secara keseluruhan (Kurniawan, 2012). Cooper dan Alley (2010) juga mengungkapkan bahwa menentukan dimensi-dimensi *hydrocyclone* dapat menggunakan perbandingan. Dimensi *hydrocyclone* dapat dihitung dengan cara membandingkan dengan ukuran diameter *hydrocyclone*. Perbandingan dimensi *hydrocyclone* dapat di lihat pada Tabel 2.2 serta penamaan dimensi *hydrocyclone* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Tabel 2.2 Perbandingan Dimensi *Hydrocyclone*

Dimensi	Perbandingan
Diameter <i>hydrocyclone</i> D/D	1.0
Tinggi <i>Inlet</i> H/D	0.5
Lebar <i>Inlet</i> W/D	0.2
Diameter <i>overflow</i> De/D	0.5
Panjang <i>Vortex Finder</i> S/D	0.5
Panjang <i>cylindrical cection</i> Lb/D	1.5
Panjang <i>Conical section</i> Lc/D	2.5
Diameter <i>underflow</i> Dd/D	0.375

Sumber: Cooper dan Alley, 2010



Gambar 2.3 Dimensi *hydrocyclone* (Cooper dan Alley, 2010)

Keterangan :

- D : Diameter silinder *hydrocyclone*
- De : Diameter *overflow*
- Lb : Panjang *cylindrical cection*
- Lc : Panjang *conical section*
- Dd : Diameter *underflow*
- H : Tinggi *inlet*
- W : Lebar *inlet*
- S : Panjang *Vortex Finder*

2.6 Parameter Penting dalam Pengoprasian *Hydrocyclone*

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi *performance* pemisahan minyak/air oleh *hydrocyclone* antara lain adalah geometri dan kapasitas proses, perbedaan densitas antar kedua fase yang akan dipisahkan, *pressure drop*, dan fluktuasi suhu. Proses pemisahan dua fase dengan menggunakan *hydrocyclone* mempertimbangkan efek dari temperature, viskositas, fluida, debit, ukuran partikel, dan parameter lain (Souza, *et al*, 2012).

Menurut Kurniawan (2012) efisiensi *hydrocyclone* bergantung pada :

1. Ukuran partikel

Semakin besar ukuran partikel, maka efisiensi *cyclone* akan semakin meningkat karena berdasarkan Hukum Stokes, diameter partikel berbanding lurus dengan terminal *settling velocity*.

2. Diameter dari *cyclone*

Berdasarkan gaya sentrifugal, diameter *cyclone* berbanding terbalik dengan gayanya, sehingga semakin kecil diameter *cyclone* maka semakin besar efisiensinya.

3. Viskositas dari gas

Berdasarkan Hukum Stokes, semakin besar viskositas maka efisiensi *cyclone* semakin kecil.

4. Temperatur gas buang

Temperatur gas buang akan mempengaruhi sifat dari fluida.

5. Densitas partikel

Semakin besar densitas partikel maka akan semakin besar efisiensi *cyclone*.

2.7 Aluminium Sulfat Sebagai Bahan Koagulan

Bahan Koagulan yang digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel padat tersuspensi, zat warna, koloid, kekeruhan agar membentuk gumpalan partikel yang besar hingga dapat dengan cepat diendapkan (Said, 2010). Dalam penelitian ini menggunakan aluminium sebagai koagulan karena harganya murah, mudah diperoleh di pasaran serta mudah penyimpanannya adalah tawas atau alum. Garam aluminium sulfat jika ditambahkan ke dalam air dengan mudah larut bereaksi dengan asam karbonat (HCO_3^-) menghasilkan aluminium hidroksida yang

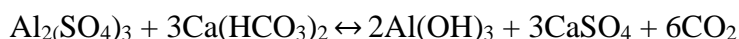
mempunyai muatan positif. Sementara partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air baku biasanya bermuatan negative dan sukar mengendap karena adanya gaya tolak menolak antar partikel koloid tersebut. Adanya aluminium hidroksida yang bermuatan positif, maka akan terjadi gaya tarik menarik dengan partikel koloid yang bermuatan negative untuk membentuk gumpalan partikel yang makin lama makin besar dan berat hingga cepat mengendap. Jika alkalinitas air baku tidak cukup untuk dapat bereaksi dengan alum, maka dapat ditambahkan kapur atau soda abu agar reaksi berjalan dengan baik (Viessman and Hammer, 1985).



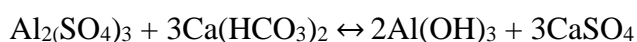
Reaksi ini menyebutkan pembebasan ion H^+ dengan kadar yang tinggi ditambah adanya ion alum bergantung pada suasana lingkungan yang mempengaruhinya. Karena suasana asam, maka pH larutan menjadi turun seperti reaksi berikut:



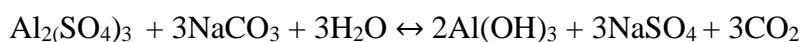
Pembentukan flok aluminium hidroksida merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air (biasanya mengandung kalsium bikarbonat).



Jika air kurang memiliki kapasitas alkalinitas (*buffering capacity*), basa tambahan seperti *hydrated lime*, *sodium hidroksida* (soda kaustik) atau sodium karbonat harus ditambahkan.



Dengan penambahan sodium karbonat:

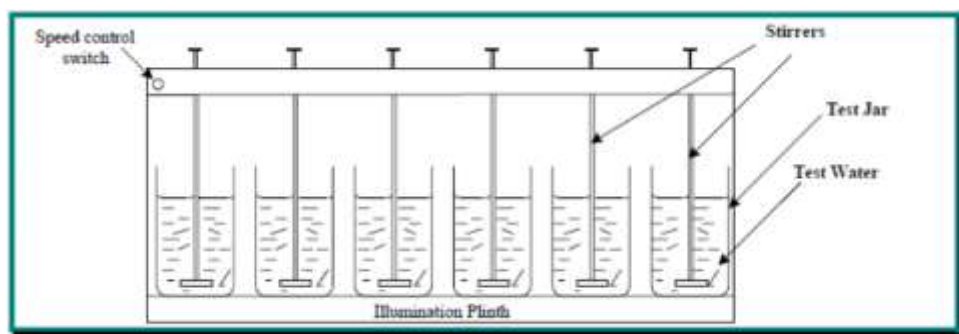


1 mg/L alum bereaksi dengan 5,3 mg/L alkalinitas (CaCO_3). Jadi jika tidak ada basa yang ditambahkan, alkalinitas akan turun dan terjadi penurunan pH. Flok aluminium hidroksida tidak dapat larut pada rentang pH yang relatif sempit, dan akan bervariasi tergantung air yang diolah. Oleh karenanya, kontrol pH menjadi penting dalam koagulasi, tidak hanya untuk menyisihkan kekeruhan dan warna, tetapi juga untuk menjaga residu terlarut tetap berada dalam jumlah minimum untuk membantu sedimentasi. Nilai pH optimum koagulasi sebaiknya dijaga dengan menambahkan asam seperti asam sulfat, tidak dengan menambahkan koagulan

yang berlebih. pH optimum untuk koagulasi menggunakan alum, sangat tergantung pada karakteristik air yang diolah, biasanya berada dalam rentang 5-8.

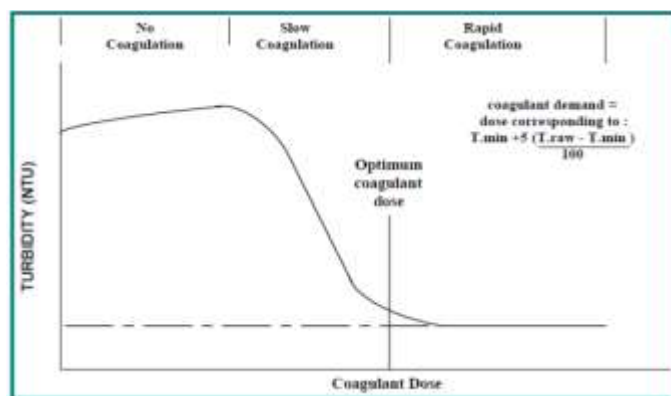
2.8 Koagulan Optimum

Penentuan dosis optimum koagulan dapat dilakukan dengan uji jar-test (Alaerts and Santika, 1984). Jar test merupakan alat percobaan flokulator yang dilengkapi dengan alat-alat gelas dan pengadukan yang sempurna (Depkes RI, 1992). Rangkain alat jartest dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Alat Jar Test (EPA, 2002)

Pengujian dilakukan dengan dosis koagulan yang divariasikan mulai dari dosis terendah 1 mL hingga diperoleh hasil yang maksimal. Kurva koagulasi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Contoh Kurva Koagulasi (EPA, 2002)

2.9 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan suatu ukuran biasan cahaya dalam perairan. Kekeruhan bisa disebabkan oleh partikel koloid yang tersuspensi. Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/liter SiO₂.

Peralatan yang pertama kali digunakan untuk mengukur kekeruhan adalah *Jackson Candler Turbidimeter*, yang dikalibrasi menggunakan silika. Pengukuran tersebut bersifat visual, yaitu membandingkan air sampel dengan air standar. Satu unit turbiditas *Jackson Candler Turbidimeter* dinyatakan dengan 1 JTU (Hadi, 2005). Selain menggunakan *Jackson Candler Turbidimeter*, kekeruhan sering diukur dengan metode Nephelometric. Satuan kekeruhan yang diukur dengan metode Nephelometric adalah NTU. Nilai kekeruhan 40 NTU setara dengan 40 JTU (Hadi, 2005).

Turbidimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air, dengan satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Alat ini bekerja berdasarkan pancaran cahaya yang dapat ditembus dalam media air. Semakin banyak cahaya yang terpantul atau menyebar semakin tinggi nilai kekeruhannya, maka nilai atau kualitas air jelek karena cahaya yang dipancarkan terhalang oleh kotoran, dalam hal ini adalah flock atau gumpalan yang terbentuk dari kumpulan butiran-butiran lumpur (Arifiani and Mochtar, 2006).

2.10 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru di bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses sekaligus menekan biaya dan sumber daya (Soejanto, 2009). Metode Taguchi berupaya mencapai sasaran tersebut dengan menjadikan produk dan proses tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*), seperti: material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi menjadikan produk dan proses memiliki sifat kokoh (*robust*) terhadap faktor-faktor gangguan tersebut. Oleh karena itu metode Taguchi juga disebut perancangan kokoh (*robust design*). Filosofi Taguchi terdiri dari tiga konsep utama, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk, sehingga tidak hanya cukup dengan memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sedemikian, sehingga kokoh (*robust*) terhadap faktor lingkungan.

3. Kualitas harus diukur sebagai fungsi dari deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan desain eksperimen yang dapat merancang suatu produk dan proses yang kokoh terhadap kondisi lingkungan, mengembangkan kualitas produk yang kokoh terhadap variasi komponen, dan meminimalkan variasi di sekitar target. Metode Taguchi memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan metode desain eksperimen lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain (Soejanto, 2009):

1. Metode Taguchi lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan level faktor.
2. Metode Taguchi dapat memperoleh proses yang menghasilkan produk secara konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Metode Taguchi dapat menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Namun demikian, metode Taguchi memiliki struktur rancangan yang sangat kompleks. Metode ini juga memiliki rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, pemilihan rancangan percobaan harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Metode penelitian merupakan acuan dalam melaksanakan aktifitas penelitian yang disusun berdasarkan pada ide penelitian dan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Diharapkan dengan mengikuti langkah-langkah pada metode penelitian, aktivitas penelitian akan berjalan sistematis dan terarah serta mengurangi kesalahan.

Penelitian ini akan mengkaji penurunan kekeruhan air permukaan dengan proses flokulasi *hydrocyclone* terbuka. Proses flokulasi pada *hydrocyclone* terbuka dengan tiga variasi panjang silinder yaitu 40 cm, 30 cm, dan 20 cm, tiga variasi panjang *cone* yaitu 60 cm, 50 cm, dan 40 cm, serta variasi tingkat kekeruhan (rendah, sedang, tinggi). Tingkat kekeruhan sampel yang diambil terdapat pada Lampiran A

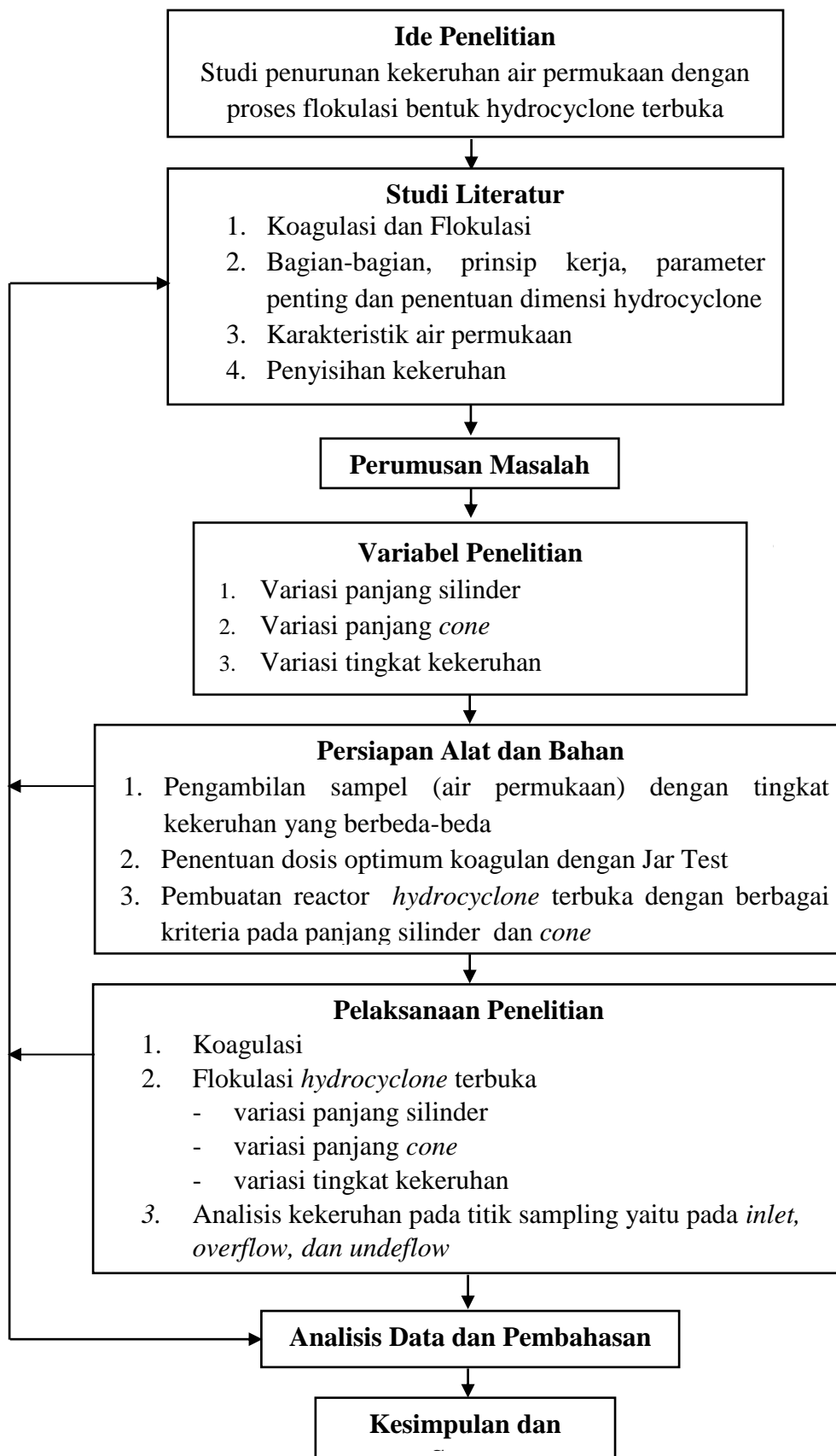
Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium. Penelitian akan dilaksanakan di Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS. Air baku yang digunakan adalah air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang berbeda-beda.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan diagram alir yang disusun dengan menggambarkan langkah-langkah yang akan dilaksanakan. Kerangka penelitian disusun dengan tujuan yaitu:

1. Sebagai gambar awal mengenai tahap-tahap penelitian yang dilakukan sehingga memudahkan dalam memahami.
2. Mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian.
3. Memperkecil kesalahan selama penelitian karena disusun secara detail dan rinci.

Kerangka penelitian yang berupa diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah penelitian meliputi tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian. Tahapan penelitian disusun dalam sebuah tahapan dengan tujuan memudahkan pemahaman. Tahapan penelitian meliputi: ide penelitian, studi literature, rumusan masalah, penentuan variable penelitian, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan penelitian, prosedur penelitian, Analisis data dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian

Pengolahan air minum terdiri dari berbagai macam tahap, yaitu tahap primer, sekunder, dan tahap lanjut. Pada pengolahan tahap primer umumnya menggunakan teknologi konvensional berupa bak prasedimentasi. Bak prasedimentasi memiliki kekurangan diantaranya membutuhkan lahan yang sangat luas dengan waktu detensi yang lama. Penelitian ini mencoba untuk membuat inovasi baru untuk menyederhanakan proses tersebut yaitu membuat alat flokulasi dengan *hydrocyclone* terbuka. Teknologi ini diharapkan mampu menurunkan kekeruhan air permukaan sebagai proses *pretreatment*, dengan prinsip flokulasi sehingga memudahkan untuk digunakan.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk mendapatkan ide studi dan pemahaman yang baik mengenai permasalahan yang terjadi. Studi literatur juga meningkatkan pemahaman mengenai metode pengolahan yang akan digunakan. Selain itu, dilakukan pengkajian mengenai penelitian serupa yang telah dilakukan. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal, *text book*, tugas akhir, tesis, serta disertasi yang berhubungan dengan penelitian ini. Studi literatur dilakukan dari awal sampai akhir penelitian untuk memperoleh dasar teori yang jelas dan kuat sehingga ketika melakukan analisis dan pembahasan data penelitian dapat diperoleh suatu kesimpulan dari hasil penelitian ini.

3.3.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi berapa panjang silinder *hydrocyclone* yang tepat agar diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan yang baik,

berapa panjang *cone hydrocyclone* yang tepat agar diperoleh efisiensi penurunan kekeruhan yang baik, dan pada rentang kekeruhan berapa alat *hydrocyclone* system terbuka dapat digunakan.

3.3.4 Penentuan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 macam variabel, yaitu :

1. Panjang silinder *hydrocyclone* terbuka. Ada tiga variasi panjang yang digunakan yaitu 40 cm, 30 cm, dan 20 cm.
2. Variasi panjang *cone hydrocyclone* terbuka. Ada tiga variasi panjang *cone* yang akan dibuat yaitu, 60 cm, 50 cm dan 40 cm.
3. Variasi tingkat kekeruhan yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

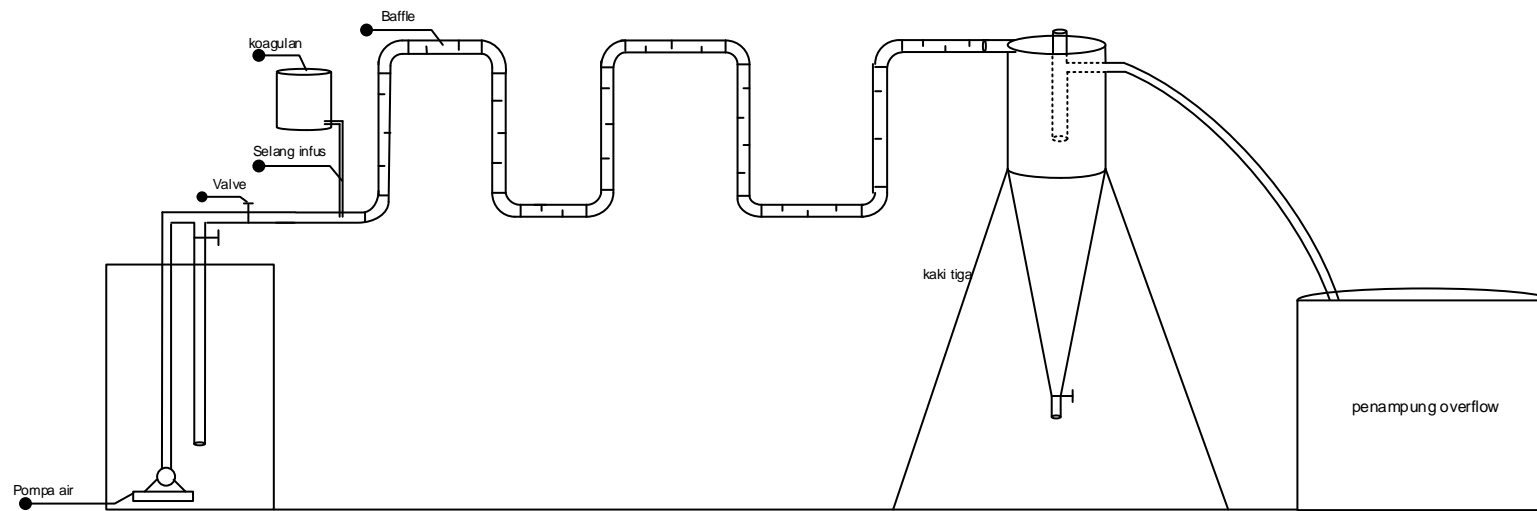
3.3.5 Persiapan Alat dan Bahan

Terdapat beberapa alat dan bahan yang perlu dipersiapkan, antara lain reaktor *hydrocyclone* terbuka, perlengkapan perpipaan, sampel yang digunakan. pembuatan larutan tawas, serta penentuan dosis optimum.

3.3.5.1 Reaktor *hydrocyclone* terbuka

Pada reaktor *hydrocyclone* terbuka digunakan sebanyak tiga unit silinder dan tiga unit *cone* berdiameter 20 cm. Terdapat 3 variasi panjang silinder *hydrocyclone* yaitu 40 cm, 30 cm, dan 20 cm. 3 variasi panjang *cone* yaitu 60 cm, 50 cm, dan 40 cm. Silinder yang digunakan terbuat dari pipa PVC, sedangkan *cone* terbuat dari besi. Bahan ini cukup tebal dan kuat sehingga mampu menahan tekanan air masuk. Satu reaktor terdiri dari satu *outlet* untuk sedimen. Pada penelitian ini dibuat satu reactor dengan pipa sebagai *inlet* dan *cone* pada *hydrocyclone* bisa dilepas. Rangkaian reaktor *hydrocyclone* dapat dilihat pada Gambar 3.2.

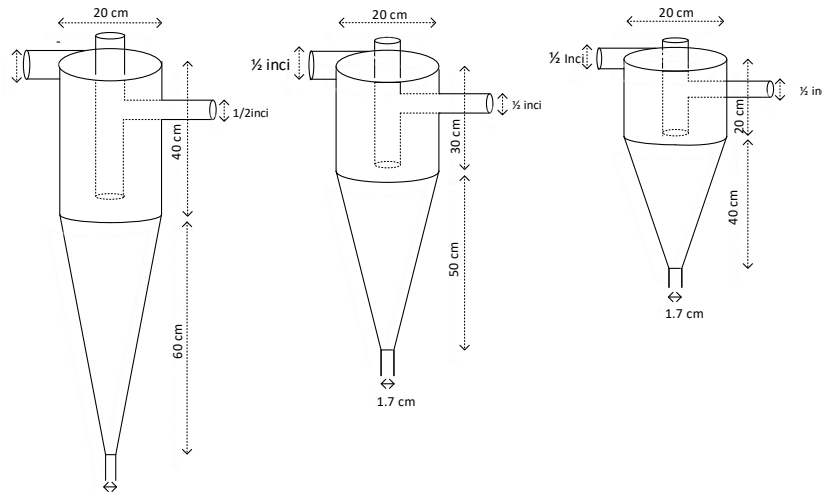
Inlet berfungsi sebagai tempat masuknya air baku yang akan diolah di dalam *hydrocyclone*. Silinder berfungsi untuk memperbesar kapasitas dan juga mengurangi dari kecepatan tangensial. Besar kecilnya dari konstruksi dari silinder dapat mempengaruhi besarnya tekanan, *Cone* berfungsi sebagai pengubah aliran menjadi aliran aksial agar air bersih dapat menuju *overflow*. Sedangkan pipa *underflow* berfungsi untuk mengeluarkan partikel diskret yang berhasil dipisahkan dari air. Pipa *overflow* berfungsi untuk mengeluarkan air bersih dari olahan.



Gambar 3.2 Rangkaian Reaktor

3.3.5.2 Perlengkapan perpipaan

Diameter pipa inlet yang digunakan ukuran $\frac{1}{2}$ inci. Diameter *spigon* atau *underflow* adalah 1,7 cm, sedangkan diameter *overflow* yang digunakan adalah $\frac{1}{2}$ inci. Skema reaktor dan dimensi *hydrocyclone* terbuka dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Skema Dimensi *Hydrocyclone* terbuka

Dalam penelitian ini digunakan 1 buah pompa akuarium untuk mengalirkan air yang masuk ke dalam pipa dan inlet *hydrocyclone*. Air yang tertampung dalam bak penampung dialirkan melewati pipa dan diinjeksikan koagulan. Untuk mengatur debit yang masuk menggunakan *valve* yang terdapat pada pipa berbentuk T. Proses koagulasi terjadi dalam pipa dengan diberi *baffle* sebagai pengaduk, air kemudian menuju *hydrocyclone*, kemudian terjadi proses flokulasi silinder *hydrocyclone* terbuka serta pengendapan pada *cone*.

Untuk menampung air baku dan air hasil olahan digunakan bak penampung. Penelitian ini juga dibutuhkan selang yang berfungsi untuk menyalurkan air yang keluar dari *underflow* dan *overflow*. Agar reaktor dapat berdiri tegar, diperlukan kaki tiga sebagai penyangga.

3.3.5.3 Air Sampel

Air sampel yang digunakan merupakan air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang berbeda-beda (rendah, sedang, dan tinggi). Air Permukaan diambil dari air sungai di Jalan Semolowaru dengan tingkat kekeruhan antara 40-60 NTU.

Untuk mendapatkan kekeruhan sedang dan tinggi, air sungai ditambahkan lumpur prasedimentasi PDAM Kota Surabaya.

3.3.5.4 Pembuatan Larutan Tawas

Konsentrasi larutan tawas yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%, dimana 10 gram tawas dilarutkan ke dalam 1 liter aquadest. Artinya dalam 1 ml larutan koagulan sama dengan 10 mg/L.

3.3.5.5 Penentuan Dosis Optimum

Penentuan dosis optimum bertujuan untuk mengetahui dosis koagulan optimum yang nantinya akan digunakan untuk proses koagulasi dan flokulasi pada *hydrocyclone* terbuka. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan koagulan *aluminium sulfat* ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$). Penentuan dosis koagulan dilakukan dengan metode jar test, dosis koagulan yang digunakan mulai dosisi terendah yaitu 1 mL hingga diperoleh hasil yang maksimal (Darmiah, 2010).

3.3.5.6 Proses Flokulasi Pada *Hydrocyclone* Terbuka

Setelah diperoleh dosis optimum koagulan untuk masing-masing tingkat kekeruhan, maka penelitian dilanjutkan pada reaktor yang telah dirancang sebelumnya. Proses flokulasi dalam *hydrocyclone* dengan debit sebesar $2.06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan gradien kecepatan, yaitu 15,84/detik, 18/detik, dan 22/detik (perhitungan nilai Gradien kecepatan pada Lampiran D). Untuk lebih memudahkan, variasi variable-variabel yang diteliti maka dibuat skema variasi penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 3.1, 3.2, dan 3.3.

Tabel 3.1 Variasi Penelitian Tingkat Kekeruhan Rendah

Kekeruhan Rendah (<50 NTU)			
Panjang Cylindrical Panjang Cone	40 cm	30 cm	20 cm
60 cm	40 dan 60	30 dan 60	20 dan 60
50 cm	40 dan 50	30 dan 50	20 dan 50
40 cm	40 dan 40	30 dan 40	20 dan 40

Tabel 3.2 Variasi Penelitian Tingkat Kekeruhan Sedang

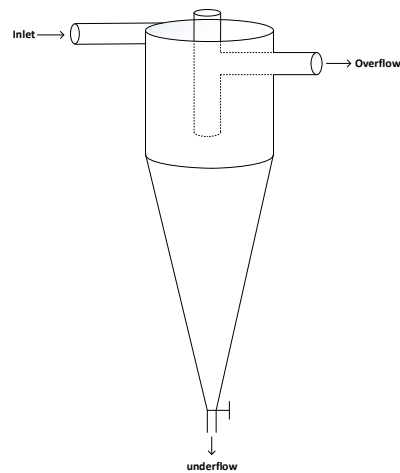
Kekeruhan Sedang (50 – 100 NTU)			
Panjang Cylindrical Panjang Cone	40 cm	30 cm	20 cm
60 cm	40 dan 60	30 dan 60	20 dan 60
50 cm	40 dan 50	30 dan 50	20 dan 50
40 cm	40 dan 40	30 dan 40	20 dan 40

Tabel 3.3 Variasi Penelitian Tingkat Kekeruhan Tinggi

Kekeruhan Tinggi (>100 NTU)			
Panjang Cylindrical Panjang Cone	40 cm	30 cm	20 cm
60 cm	40 dan 60	30 dan 60	20 dan 60
50 cm	40 dan 50	30 dan 50	20 dan 50
40 cm	40 dan 40	30 dan 40	20 dan 40

3.3.6 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium di Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Air sampel dialirkan secara kontinyu melalui pipa inlet. Titik pengambilan sampel uji dilakukan pada *inlet*, *underflow* dan *overflow* seperti pada Gambar 3.4. Pengambilan sampel pada inlet dilakukan saat mengatur debit, pengambilan sampel pada titik *overflow* dilakukan dari menit ke 0, 5, 10, 15, dan 20. Sedangkan pengambilan sampel pada titik *underflow* dilakukan pada menit ke 20. Katup/valve pada *underflow* dibuka diakhir proses pengolahan. Parameter kekeruhan diamati untuk menganalisis besar penyisihan kekeruhan yang mampu dilakukan *hydrocyclone* terbuka. Analisa kekeruhan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Prosedur Analisa parameter kekeruhan dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 3.4. Titik Pengambilan Sampel

3.3.7 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur operasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang berbeda-beda (rendah, sedang, tinggi)
2. Menyalakan pompa pada air sampel agar dapat mengalir masuk ke dalam pipa, serta mengatur debit dari pompa sebesar 1,200 liter/menit.
3. Tunggu sampai air keluar, kemudian injeksikan koagulan cair kedalam pipa. Proses koagulasi berlangsung
4. Air sampel kemudian mengalir menuju bak *hydrocyclone* terbuka. Proses flokulasi berlangsung
5. Dilakukan pengambilan sampel pada *inlet*, *overflow*, *underflow* masing-masing. Analisa kekeruhan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
6. Setelah 20 menit matikan pompa dan mengeluarkan semua air yang masih terdapat di dalam reactor melalui *valve* yang terdapat pada *underflow*.
7. Mengganti silinder, dan *cone* dengan variasi lain.
8. Mengulangi prosedur dari tahap 1 – 7

3.3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Analisa data dan pembahasan dilakukan terhadap data yang diperoleh dari hasil analisis parameter kekeruhan. Hasil pengukuran parameter kekeruhan didapat dari analisis laboratorium sesuai standar Analisa parameter kekeruhan. Analisis

data dan pembahasan dilakukan sesuai dengan dasar-dasar teori yang mendukung pada tinjauan pustaka yang berasal dari diktat, jurnal nasional, jurnal internasional, prosiding, artikel, tugas akhir, tesis, maupun disertasi.

Setelah didapat data hasil analisis laboratorium, Hasil Analisa ditunjukkan dengan tabel, dan grafik. Serta dilakukan analisis statistik untuk pengaruhnya panjang silinder dan *cone* di dalam *hydrocyclone*. Setelah masing-masing variable didapatkan hasil Analisa selanjutnya dilakukan pembahasan.

3.3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisis data dan pembahasan terhadap semua data yang telah dikumpulkan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini. Kesimpulan diambil berdasarkan hasil akhir yang diperoleh dari hasil penelitian serta dapat menjawab tujuan penelitian yang telah dibuat sebelumnya. Sedangkan saran ditujukan untuk penelitian selanjutnya agar tidak melakukan kesalahan yang terjadi pada penelitian ini sehingga penyempurnaan pada penelitian berikutnya dapat tercapai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Air Baku

Penelitian ini menggunakan air baku yang berasal dari air sungai yang berada di jalan Semolowaru. Sampel air sungai ini diambil dengan menggunakan *Grab Sampler*. Kondisi air baku cukup keruh dengan kisaran kekeruhan antara 40 - 60 NTU. Untuk kebutuhan kekeruhan sedang dan tinggi, air sungai ditambahkan lumpur prasedimentasi PDAM Kota Surabaya. Air baku yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Air Baku

Karena kondisi air yang cukup keruh, Sungai Jl. Semolowaru banyak dimanfaatkan warga untuk irigasi. Kekeruhan merupakan suatu parameter yang harus dipertimbangkan dalam penyediaan air, mengingat kekeruhan akan mengurangi segi estetika, menyulitkan dalam pengolahan dan mengurangi efektivitas proses desinfeksi (Sutrisno, 2006).

4.2 Koagulan Optimum

Penelitian ini menggunakan Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) sebagai Koagulan. Penentuan dosis optimum kebutuhan koagulan dilakukan dengan metode Jar-Test (Reynold dan Richards, 1996) untuk masing-masing tingkat kekeruhan (rendah, sedang, tinggi). Dosis optimum ini nantinya digunakan sebagai dasar perhitungan dosis koagulan pada *continuous process*.

Hasil percobaan penentuan dosis optimum koagulan untuk kekeruhan rendah, sedang, dan tinggi dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk kekeruhan rendah, sedang, tinggi.

Kekeruhan awal (NTU)	Kebutuhan Koagulan (mL)	Kekeruhan Akhir (NTU)	% Removal
46	20	2,73	94,07
84	31,25	0,62	99,26
153	37,5	1,04	99,32

Sumber: Analisa Laboratorium

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kekeruhan memerlukan dosis koagulan yang semakin besar, hal ini terjadi karena besarnya nilai kekeruhan akan menambah muatan koloid sehingga bisa berintraksi lebih efektif dengan kagulan, proses destabilisasi koloid lebih mudah terjadi sehingga akan mempermudah penggabungan partikel koloid (Puteri, 2011).

4.3 Unit Flokulasi *Hydrocyclone* Terbuka dan Katagori Penelitian

Hydrocycone merupakan teknologi alternative yang dapat digunakan sebagai pengganti bak prasedimentasi, karena keduanya memiliki fungsi yang sama yaitu mereduksi partikel diskrit. *Hydrocyclone* memiliki keunggulan yang tidak dimiliki bak prasedimentasi, yaitu kebutuhan lahan yang kecil dan waktu yang singkat. Silinder *hydrocyclone* terbuat dari pipa PVC, sedang *cone* terbuat dari besi berdiameter 20 cm.

Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi panjang silinder yaitu 20 cm, 30 cm, dan 40 cm. 3 variasi panjang *cone* yaitu 40 cm, 50 cm, dan 60 cm, serta 3 variasi tingkat kekeruhan yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

4.4 Pengoprasian *Hydrocyclone* Terbuka

Flokulator *hydrocyclone* terbuka dioperasikan dalam 3 tahap. Tahap pertama untuk kekeruhan rendah sebanyak 9 percobaan, tahap kedua untuk kekeruhan sedang sebanyak 9 percobaan, dan tahap ketiga untuk kekeruhan tinggi sebanyak 9 percobaan, sehingga total ada 27 percobaan. Variasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1; 3.2, dan 3.3. Pada tahap pertama dilakukan penelitian terhadap *hydrocyclone* terbuka dengan panjang silinder 40 cm, panjang *cone* 60 cm dengan tingkat kekeruhan rendah yaitu 46 NTU. Air baku yang digunakan adalah air sungai di jalan Semolowaru yang ditampung di dalam tangki. Air baku dialirkan ke dalam reaktor dengan memanfaatkan pompa akuarium. Besar debit yang dialirkan sebesar 2.06×10^{-5} m³/detik atau 20 mL/detik sedangkan kebutuhan koagulan sebesar 0.4 mL/detik atau 24 mL/menit.

Pengaturan debit dilakukan dengan menggunakan *valve* yang terdapat pada pipa berbentuk T (Gambar 3.2), sedangkan debit koagulan diatur menggunakan selang infus yang dimasukkan ke dalam pipa proses koagulasi. Debit air yang sudah diatur kemudian mengalir di dalam pipa diameter ½ inci sepanjang 3,25 meter dengan diberi *baffle*, aliran air di dalam pipa bersekat/*baffle* merupakan proses koagulasi atau sebagai pengadukan cepat. Semakin kecil diameter pipa yang digunakan akan menyebabkan aliran menjadi lebih cepat dengan factor gesekan *headloss* semakin besar. Penambahan alum sebagai koagulan menyebabkan peningkatan pembentukan polimer aluminium yang menghasilkan terbentuknya presipitat Al(OH)₃ dan peningkatan jumlah presipitat diikuti oleh peningkatan frekuensi tumbukan, sehingga terjadi penurunan kekeruhan (Hamzani, 2013).

Air sampel kemudian masuk ke *inlet hydrocyclone*. Terjadi proses flokulasi pada silinder *hydrocyclone* dan pengendapan pada *cone*. Pengadukan lambat atau

flokulasi timbul saat fluida mencapai puncak kolektor silindris pada suatu sudut. Aliran fluida mengalir secara melingkar terjadi tumbukan flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi membentuk ukuran flok yang lebih besar dan mengendap pada *cone*. Endapan dikeluarkan melewati *underflow*. Didekat dasar *hydrocyclone*, air bergerak berbalik arah ke atas dalam bentuk spiral dan keluar dari bagian *overflow* (Wang, 2004).

Air yang keluar melalui *overflow* sebagai air yang lebih bersih sedangkan air yang keluar melalui *underflow* sebagai endapan. Penelitian terhadap parameter kekeruhan dilakukan pada inlet, *overflow*, dan *underflow*. Dari data penelitian pertama didapatkan 9 sampel uji dari *overflow*, 9 sampel uji dari *underflow*. Analisa kekeruhan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Analisa kekeruhan menggunakan alat turbiditi meter.

Proses pengoperasian *hydrocyclone* untuk percobaan tahap kedua dan tahap ketiga sama seperti di atas, namun dengan debit koagulan disesuaikan dengan hasil dosis optimum pada Tabel 4.1.

4.4.1 Kemampuan *Hdrocyclone* Terbuka terhadap Penyisihan Rendah.

Kekeruhan merupakan indikasi adanya partikel tersuspensi di dalam air, (Yahyapour *et al*, 2013). Peralatan yang pertama kali digunakan untuk mengukur kekeruhan adalah *Jackson Candler Turbidimeter*, yang dikalibrasi menggunakan silika. Pengukuran tersebut bersifat visual, yaitu membandikan air sampel dengan air standar. Satu unit turbiditas *Jackson Candler Turbidimeter* dinyatakan dengan 1 JTU (Hadi, 2005). Selain menggunakan *Jackson Candler Turbidimeter*, kekeruhan sering diukur dengan metode Nephelometric. Satuan kekeruhan yang diukur dengan metode Nephelometric adalah NTU. Nilai kekeruhan 40 NTU setara dengan 40 JTU (Hadi, 2005).

Berdasarkan uji penentuan dosis optimum tawas menggunakan jar test, kekeruhan rendah (<50) membutuhkan tawas sebanyak 20 mL dalam 1000 mL sampel atau 0,4 mL dalam 20 mL sampel/detik (Lampiran F).

Dalam penelitian ini didapatkan data mengenai besarnya nilai penyisihan yang dihitung berdasarkan pengamatan kekeruhan pada inlet dan kekeruhan pada *overflow* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi penyisihan kekeruhan} = \frac{(\text{kekeruhan inlet} - \text{kekeruhan overflow})}{\text{kekeruhan inlet}} \times 100\%$$

Hasil penyisihan kekeruhan untuk tahap pertama, untuk variasi kekeruhan rendah dapat dilihat pada Table 4.2 berikut:

Tabel 4.2. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan rendah (46 NTU)

No	Panjang Silinder dan <i>Cone</i> (cm)	Inlet (NTU)	Rata-rata <i>overflow</i> (NTU)	Underflow (NTU)	% Removal
1	40 dan 60	46	12,76	824	72,26
2	40 dan 50	46	11,62	932	74,74
3	40 dan 40	46	11,36	875	75,30
4	30 dan 60	46	7,94	1148	82,74
5	30 dan 50	46	3,85	1015	91,63
6	30 dan 40	46	9,2	1025	65,22
7	20 dan 60	46	10,4	875	77,39
8	20 dan 50	46	8,05	960	82,5
9	20 dan 40	46	9,97	952	78,33

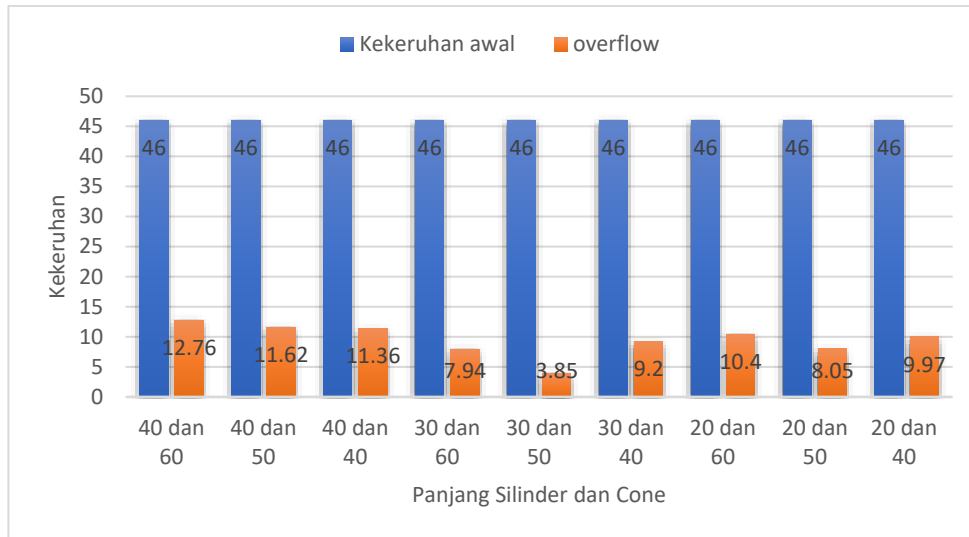
Sumber: Analisa Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.2 terlihat bahwa panjang silinder dan panjang *cone* yang memiliki pengaruh yang besar secara serentak dalam penyisihan kekeruhan air permukaan adalah panjang silinder 30 cm dan panjang *cone* 50 cm mampu menyisihkan kekeruhan dari 46 NTU menjadi 3.85 NTU dengan persen penyisihan kekeruhan sebesar 91.63%. Hal ini sesuai dengan teori pada Tabel 2.2 yang menyatakan bahwa untuk mendapatkan efisiensi removal *cyclone*, perbandingan

panjang silinder (L_b) dengan diameter *cyclone* sama dengan 1,5, Begitu juga dengan panjang *cone*, perbandingan panjang *cone* (L_c) dengan diameter *cyclone* sama dengan 2.5 (Cooper dan Alley, 2010). Kurniawan (2012) menyatakan bahwa efisiensi *hydrocyclone* salah satunya bergantung pada diameter dari *cyclone*. Berdasarkan gaya sentrifugal, diameter *cyclone* berbanding terbalik dengan gayanya, sehingga semakin kecil diameter *cyclone* maka semakin besar efisiensinya. Namun ini berbeda dengan *hydrocyclone* yang diterapkan sebagai flokulator tanpa menggunakan pompa sentrifugal dalam proses koagulasi dan flokulasi. Untuk mendapatkan debit hasil pengolahan yang besar, maka diameter *hydrocyclone* harus dibesarkan.

Hasil Pengolahan air pada *overflow* berdasarkan Table 4.2 secara umum, rata-rata kekeruhan akhir (*overflow*) untuk setiap pasangan panjang silinder dan *cone* tidak memenuhi persyaratan air minum sesuai permenkes nomor 492 tahun 2010 yaitu kekeruhan 5 NTU. Oleh karena itu untuk menghasilkan air minum yang layak untuk digunakan tentu alat ini membutuhkan pengolahan tambahan, seperti filter. Disamping itu, kekeruhan akhir (*overflow*) juga tidak sesuai dengan hasil jar test, hal ini terjadi karena kesalahan pada faktor pengenceran saat pembuatan koagulan 1%, sehingga ketika disesuaikan dengan perhitungan *mass balance* kebutuhan koagulan saat proses kontinyu terjadi kesalahan (Lampiran F).

Pada silinder dengan panjang 30 cm terjadi proses flokulasi memiliki gradien kecepatan sebesar 10/detik seperti terdapat pada Lampiran D. Proses flokulasi pada silinder *hydrocyclone* dapat menghasilkan gerakan air secara perlahan dalam kondisi laminar, sehingga flok yang terbentuk pada proses koagulasi di dalam pipa bersekat dapat membentuk gabungan flok berukuran besar. Gabungan flok-flok berukuran besar terbentuk akibat ikatan antara ion positif dari koagulan (Al^{3+}) dengan ion negative dari partikel (OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negative dari koagulan (SO_4^{2-}) (Masduqi and Assomadi, 2012). Flok-flok berukuran besar tersebut kemudian dapat mengendap pada *cone*. Secara grafik penurunan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.2 : Grafik Penurunan Kekeruhan rendah (46 NTU)

Dari Analisa laboratorium, penyisihan kekeruhan tiap waktu (Lampiran G) terjadi perubahan. Menurut Vijay dan Agarwel (2008), terjadinya perubahan efisiensi ini dikarenakan adanya "*partial mixing*" antara air yang masuk dan air yang keluar, dimana terjadi pertukaran air yang masuk menggantikan partikel padat yang akan keluar melalui *overflow*. *Partial mixing* ini disebabkan oleh besarnya *overflowrate*. Selain itu juga disebabkan oleh flok flok besar yang terbentuk pada proses flokulasi tidak memiliki waktu yang cukup untuk mengendap sehingga tertarik lebih dahulu dan keluar melalui *overflow*.

4.4.2 Kemampuan *Hydrocyclone* Terbuka terhadap Penyisihan Kekeruhan Sedang

Pengoperasian *hydrocyclone* untuk menyisihkan kekeruhan sedang ini adalah percobaan tahap dua didapatkan data penyisihan kekeruhan sejumlah 9 data yang merupakan rata-rata *overflow* pada pengukuran tiap waktu. Data yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dengan variasi lain. Hasil analisa dapat dilihat pada Table 4.3. berikut:

Percobaan tahap dua untuk variasi kekeruhan sedang membutuhkan tawas sebanyak 31,25 mL dalam 1000 mL sampel atau 0,625 mL/20mL sampel (Lampiran

F). Kebutuhan tawas ini didapatkan dari penentuan dosis optimum menggunakan metode jar test.

Tabel 4.3. Efisiensi Penyisihan Kekeruhan sedang (84 NTU)

No	Panjang Silinder dan <i>Cone</i> (cm)	Inlet (NTU)	Rata-rata <i>overflow</i> (NTU)	Underflow (NTU)	% Removal
1	40 dan 60	84	11,99	1783	85,73
2	40 dan 50	84	13,28	1392	84,19
3	40 dan 40	84	12	1311	85,71
4	30 dan 60	84	11,46	1492	86,36
5	30 dan 50	84	6,07	1482	92,77
6	30 dan 40	84	10,6	1543	87,38
7	20 dan 60	84	6,88	1783	91,81
8	20 dan 50	84	7,3	1534	91,31
9	20 dan 40	84	13,06	1514	84,45

Sumber: Analisa Laboratorium

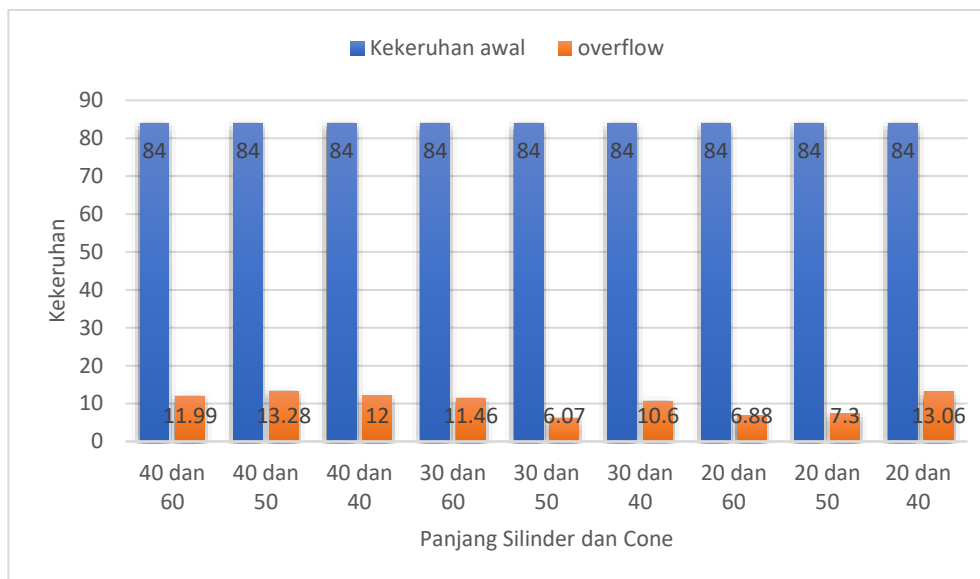
Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa panjang silinder dan panjang *cone* yang memiliki pengaruh yang besar secara serentak dalam penyisihan kekeruhan air permukaan adalah panjang silinder 30 cm dan panjang *cone* 50 cm. Silinder dan *cone* ini menyisihkan kekeruhan dari 84 NTU menjadi 6,07 NTU dengan persen penyisihan kekeruhan sebesar 92.77%. Hal ini sesuai dengan teori pada Tabel 2.2 yang menyatakan bahwa untuk mendapatkan efisiensi removal *cyclone*, perbandingan panjang silinder (L_b) dengan diameter *cyclone* sama dengan 1,5, Begitu juga dengan panjang *cone*, perbandingan panjang *cone* (L_c) dengan diameter *cyclone* sama dengan 2.5 (Cooper dan Alley, 2010). Kurniawan (2012) menyatakan bahwa efisiensi *hydrocyclone* salah satunya bergantung pada diameter dari *hydrocyclone*, bahwa berdasarkan gaya sentrifugal, diameter *cyclone* berbanding terbalik dengan gayanya, sehingga semakin kecil diameter *cyclone* maka semakin besar efisiensinya. Namun ini berbeda dengan *hydrocyclone* yang diterapkan sebagai flokulator tanpa menggunakan

pompa sentrifugal dalam proses koagulasi dan flokulasi. Untuk mendapatkan debit hasil pengolahan yang besar, maka diameter hydrocyclone harus dibesarkan.

Hasil Pengolahan air pada *overflow* berdasarkan Table 4.2 secara umum, rata-rata kekeruhan akhir (*overflow*) untuk setiap pasangan panjang silinder dan *cone* tidak memenuhi persyaratan air minum sesuai permenkes nomor 492 tahun 2010 yaitu 5 NTU. Oleh karena itu untuk menghasikan air minum yang layak untuk digunakan tentu alat ini membutuhkan pengolahan tambahan, seperti filter. Disamping itu, kekeruhan akhir (*overflow*) juga tidak sesuai dengan hasil jar test, hal ini terjadi karena kesalahan pada faktor pengenceran saat pembuatan koagulan 1%, sehingga ketika disesuaikan dengan perhitungan *mass balance* kebutuhan koagulan saat proses kontinyu terjadi kesalahan (Lampiran F).

Pengadukan lambat atau flokulasi terjadi pada silinder timbul saat fluida masuk ke puncak kolektor silindris. Aliran fluida mengalir secara melingkar membentuk aliran dalam kondisi laminar, sehingga terjadi tumbukan flok -flok yang terbentuk pada proses koagulasi membentuk ukuran flok berukuran besar akibat penambahan alum. Penambahan alum sebagai koagulan menghasilkan terbentuknya persifatat $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan meningkatkan jumlah presipitat diikuti oleh peningkatan frekuensi tumbukan, sehingga terjadi penurunan kekeruhan (Hamzani, 2013). Flok-flok berukuran besar tersebut kemudian dapat mengendap pada *cone*. Endapan dikeluarkan melewati *underflow*. Didekat dasar *hydrocyclone*, air bergerak berbalik arah ke atas dalam bentuk spiral dan keluar dari bagian *overflow* (Wang, 2004).

Dari analisa laboratorium, pengukuran kekeruhan pada *overflow* terjadi perubahan pada tiap waktu (Lampiran F), hal ini terjadi karena pengaruh "*partial mixing*" antara air yang masuk dan air yang keluar, dimana terjadi pertukaran air yang masuk menggantikan partikel padat yang keluar melalui *underflow* sehingga partikel padat (flok) ikut keluar Bersama air melalui *overflow* (Vijay dan Agarwel, 2008). Secara grafik penurunan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.3 Grafik Penurunan Kekeruhan Sedang (84 NTU).

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa, penurunan kekeruhan untuk setiap pasangan silinder dan cone. Pasangan panjang silinder dan cone yang memiliki hasil penurunan kekeruhan (*overflow*) yang paling baik adalah pasangan panjang silinder 30 cm dan panjang cone 60 cm dengan penurunan kekeruhan dari 84 NTU menjadi 6,07 NTU. Hal ini terjadi karena, pada panjang silinder 30 cm terjadi proses flokulasi yang baik dimana terjadi aliran laminar sehingga flok -flok dapat bergabung membentuk flok berukuran besar sehingga dapat mengendap pada cone. Proses pengendapan pada cone dipengaruhi oleh nilai overflow rate, semakin kecil nilai *overflow rate*, maka partikel dapat mengendap secara sempurna. Jika dilihat hasil penurunan kekeruhan (*overflow*) belum memenuhi persyaratan kualitas air minum sesuai Permenkes nomor 294 Tahun 2010, sehingga alat ini perlu pengolahan lebih lanjut yaitu filter.

4.4.3 Kemampuan *Hydrocyclone* Terbuka terhadap Penyisihan Kekeruhan Tinggi

Percobaan tahap tiga menggunakan air kekeruhan buatan dengan tingkat kekeruhan mencapai 154 NTU. Kekeruhan buatan ini dibuat dengan cara melarutkan

lumpur prasedimentasi ke dalam sampel air sungan Jl. Semolowaru. Berdasarkan hasil uji penentuan dosis optimum kebutuhan tawas sebagai koagulan, sebesar 37,5 mL tawas, dalam pengoprasian *hydrocyclone* terbuka secara kontinyu dibutuhkan tawas sebesar 0,75 mL/20 mL sampel tiap detik (Lampiran F).

Koagulan sendiri berfungsi sebagai senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap (Gebbie 2005).

Percobaan tahap tiga didapatkan data penyisihan kekeruhan sejumlah 9 data yang merupakan rata-rata *overflow* pada pengukuran tiap waktu (Lampiran G). Data yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dengan percobaan tahap pertama dan kedua. Hasil penyisihan kekeruhan percobaan tahap tiga dapat dilihat pada Table 4.3. berikut:

Tabel 4.4 Efisiensi Penyisihan kekeruhan Tinggi (154 NTU)

No	Panjang Silinder dan Cone (cm)	Inlet (NTU)	Rata-rata <i>overflow</i> (NTU)	Underflow (NTU)	% Removal
1	40 dan 60	154	10,54	1873	93,16
2	40 dan 50	154	9,77	1563	93,66
3	40 dan 40	154	17,11	1356	88,89
4	30 dan 60	154	12,26	1762	92,04
5	30 dan 50	154	13,16	1737	91,45
6	30 dan 40	154	9,5	1584	93,83
7	20 dan 60	154	11,33	1950	92,64
8	20 dan 50	154	11,92	1457	92,26
9	20 dan 40	154	10,28	1478	93,32

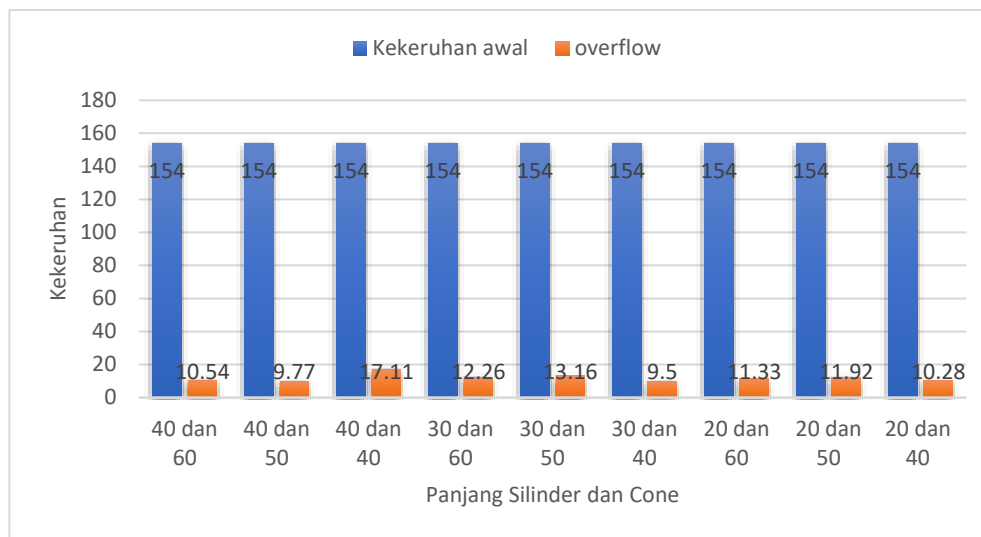
Sumber: Analisa Laboratorium

Pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa penyisihan kekeruhan terbaik untuk panjang silinder dan panjang *cone* adalah silinder dengan panjang 30 cm, panjang *cone* 40 cm. Silinder dan *cone* ini menyisihkan kekeruhan dari 154 NTU menjadi 9,5 NTU

dengan persen penyisihan kekeruhan sebesar 93.83%. Hal ini sesuai dengan teori pada Tabel 2.2 yang menyatakan bahwa untuk mendapatkan efisiensi removal *cyclone* yang baik, perbandingan panjang silinder (L_b) dengan diameter *cyclone* sama dengan 1,5. (Cooper dan Alley, 2010). Kurniawan (2012) menyatakan bahwa efisiensi *hydrocyclone* salah satunya bergantung pada diameter dari *hydrocyclone*, bahwa berdasarkan gaya sentrifugal, diameter *cyclone* berbanding terbalik dengan gayanya, sehingga semakin kecil diameter *cyclone* maka semakin besar efisiensinya. Namun ini berbeda dengan *hydrocyclone* yang diterapkan sebagai flokulator tanpa menggunakan pompa sentrifugal dalam proses koagulasi dan flokulasi. Untuk mendapatkan debit hasil pengolahan yang besar, maka diameter *hydrocyclone* harus dibesarkan.

Hasil Pengolahan air pada *overflow* berdasarkan Table 4.2 secara umum, rata-rata kekeruhan akhir (*overflow*) untuk setiap pasangan panjang silinder dan *cone* tidak memenuhi persyaratan air minum sesuai permenkes nomor 492 tahun 2010 yaitu 5 NTU. Oleh karena itu untuk menghasilkan air minum yang layak untuk digunakan tentu alat ini membutuhkan pengolahan tambahan, seperti filter. Disamping itu, kekeruhan akhir (*overflow*) juga tidak sesuai dengan hasil jar test, hal ini terjadi karena kesalahan pada faktor pengenceran saat pembuatan koagulan 1%, sehingga ketika disesuaikan dengan perhitungan *mass balance* kebutuhan koagulan saat proses kontinyu terjadi kesalahan (Lampiran F).

Flokulasi terjadi pada silinder *hydrocyclone*, aliran yang masuk dari inlet mampu menghasilkan gerakan air secara perlahan dalam kondisi laminar, sehingga flok yang terbentuk pada proses koagulasi di dalam pipa bersekat dapat membentuk gabungan flok berukuran besar. Gabungan flok-flok berukuran besar terbentuk akibat ikatan antara ion positif dari koagulan (Al^{3+}) dengan ion negative dari partikel (OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negative dari koagulan (SO_4^{2-}) (Maduqi and Assomadi, 2012). Flok-flok berukuran besar tersebut kemudian dapat mengendap pada *cone hydrocyclone*. Secara grafik penurunan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.4 Grafik Penurunan Kekeruhan untuk kekeruhan 154 NTU

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa, penurunan kekeruhan untuk setiap pasangan silinder dan cone. Pasangan panjang silinder dan cone yang memiliki hasil penurunan kekeruhan (*overflow*) yang paling baik adalah pasangan panjang silinder 30 cm dan panjang cone 40 cm dengan penurunan kekeruhan dari 154 NTU menjadi 9,5 NTU. Hasil penurunan kekeruhan ini belum memenuhi persyaratan kualitas air minum sesuai Permenkes nomor 294 Tahun 2010, sehingga alat ini perlu pengolahan lebih lanjut yaitu filter.

Dari analisa laboratorium, pengukuran kekeruhan pada *overflow* terjadi perubahan pada tiap waktu, hal ini terjadi karena pengaruh "*partial mixing*" antara air yang masuk dan air yang keluar, dimana terjadi pertukaran air yang masuk menggantikan partikel padat yang keluar melalui *underflow* sehingga partikel padat (flok) ikut keluar bersama air melalui *overflow* (Vijay dan Agarwel, 2008).

4.5 Kemampuan Pengendapan Hydrocyclone Terbuka

Proses pengendapan pada hydrocyclone terjadi pada cone. Partikel yang diendapkan berupa partikel diskret dan flokulan. Partikel diskret adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran maupun berat pada saat mengendap, sedangkan partikel flokulan merupakan pengendapan flok-flok yang terbentuk pada

proses koagulasi dan flokulasi (Yulianti, 2012). Proses pengendapan yang terjadi pada *hydrocyclone* ini merupakan jenis pengendapan 1 dan 2.

Pengendapan pada *cone hydrocyclone* dipengaruhi oleh waktu detensi dan besar nilai *overflow rate*. Masing-masing panjang *cone* memiliki waktu detensi yang berbeda-beda yaitu 304 detik, 254 detik, dan 203 detik dengan nilai *overflow rate* sebesar $6,56 \times 10^{-4}$ m/detik atau 0,03936 m/menit (Lampiran E). Berdasarkan Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 terlihat bahwa pengendapan partikel diskret dan flokulan terjadi secara sempurna. Hal ini karena nilai *overflow rate* cukup kecil, sehingga partikel diskrit dan flokulan dapat disisihkan. Yulianti (2012) mengatakan bahwa partikel yang memiliki kecepatan pengendapan (v_s) lebih besar dari *overflow rate* (v_o) akan mengendap seluruhnya.

4.6 Gradien Kecepatan Proses Flokulasi *Hydrocyclone* Terbuka

Gradien kecepatan dinyatakan sebagai intensitas atau kecepatan pengadukan yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai untuk pengolahan air (Masduqi dan Slamet, 2002). Proses koagulasi memerlukan pengadukan secara cepat, sedangkan proses flokulasi memerlukan pengadukan secara lambat. Gradien kecepatan (G) akan mempengaruhi waktu (t_d) pengadukan yang diperlukan. Makin besar nilai G , maka waktu semakin pendek. Untuk menyatakan G dan t_d , maka digunakan bilangan Camp yaitu perkalian gradien kecepatan dengan waktu pengadukan ($G.t_d$). Berdasarkan metodenya, dimana dalam penelitian ini proses koagulasi dan flokulasi menggunakan pola pengadukan hidrolis. Pengadukan hidrolis ini memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukannya. Menurut Hendricks (2006) pengadukan hidrolis hanya memerlukan perbedaan muka air bisa dalam pipa atau saluran terbuka. Sistem pengadukan ini menggunakan energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik yang digunakan dalam penelitian ini kombinasi pengadukan menggunakan baffle dalam pipa dan pengadukan menggunakan memanfaatkan kecepatan aliran dalam silinder *hydrocyclone* terbuka.

Pengadukan cepat pada proses koagulasi bertujuan untuk menghasilkan aliran air yang turbulen, sehingga akibat turbulensinya dapat mendispersikan koagulan yang dilarutkan ke dalam air sampel. Untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda yaitu turbulen (>4000) dan laminar (<2000), digunakan bilangan Reynold (NRe). Secara umum pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan berkisar antara $100 - 1000 \text{ detik}^{-1}$ dengan waktu selama $5 - 60$ detik. Dalam penelitian ini proses koagulasi didisain berlangsung pada pipa dengan *baffle* dengan diameter $\frac{1}{2}$ inci, dimana nilai G direncanakan 280 detik^{-1} (Lampiran C).

Pengadukan lambat pada proses flokulasi bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan dalam kondisi laminar. Dalam kondisi ini terjadi kontak antar partikel membentuk gabungan partikel berukuran besar. Penggabungan ini gumpalan sangat bergantung pada karakteristik flok dan nilai gradien kecepatan. Pengadukan lambat berlangsung pada nilai gradien kecepatan kurang dari $100/\text{detik}$ dengan kisaran waktu selama $10 - 60$ menit. Sama halnya dengan pengadukan cepat, nilai G dan t_d juga mempengaruhi kemampuan flok dalam bergabung membentuk flok berukuran besar.

Dalam penelitian ini, proses flokulasi didisain menggunakan pengadukan menggunakan memanfaatkan kecepatan aliran dalam silinder *hydrocyclone* terbuka. Pengadukan lambat atau flokulasi timbul saat fluida mencapai puncak kolektor silindris. Aliran fluida mengalir secara melingkar terjadi tumbukan flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi membentuk ukuran flok yang lebih besar dan mengendap pada *cone*. Endapan dikeluarkan melewati *underflow*. Didekat dasar *hydrocyclone*, air bergerak berbalik arah ke atas dalam bentuk spiral dan keluar dari bagian *overflow* (Wang, 2004).

Nilai gradien kecepatan proses flokulasi direncanakan bervariasi yaitu $15,84 \text{ detik}^{-1}$, 18 detik^{-1} , 22 detik^{-1} (Lampiran D). Berdasarkan hasil penelitian Puteri (2011) bahwa nilai G merupakan satuan berbanding lurus dengan banyaknya tumbukan. Semakin besar nilai G berarti semakin banyak tumbukan yang terjadi dan semakin besar ukuran flok yang terbentuk. Semakin kecil nilai G yang terjadi menunjukkan

penurunan pembentukan flok yang disebabkan waktu detensi kecil, sehingga proses tidak berjalan sempurna. Sedangkan nilai G_{td} semakin besar mengakibatkan flok yang terbentuk pecah kembali karena lamanya waktu detensi.

Penelitian Natodarmodjo *et al* (2004) diketahui bahwa nilai gradien kecepatan (G) pada debit 0,05 L/detik untuk unit koagulasi adalah $77,1 \text{ detik}^{-1}$ dan unit flokulasi adalah $5,9 \text{ detik}^{-1}$. Nilai gradien ini jauh di bawah standar nilai G yang dianjurkan baik oleh Reynold (1996). Reynold dan Richards menyatakan nilai G untuk flokulasi antara $20 - 50 \text{ detik}^{-1}$. Walaupun nilai G_{td} pada penelitian tersebut tidak memenuhi syarat, akan tetapi proses floklasi dapat menghasilkan flok yang mudah mengendap.

4.7 Analysis of Variance (ANOVA) Hasil Hybrid PCA-Taguchi

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan desain eksperimen yang dapat merancang suatu produk dan proses yang kokoh terhadap kondisi lingkungan, mengembangkan kualitas produk yang kokoh terhadap variasi komponen, dan meminimalkan variasi di sekitar target. Metode Taguchi memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan metode desain eksperimen lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain (Soejanto, 2009):

1. Metode Taguchi lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan level faktor.
2. Metode Taguchi dapat memperoleh proses yang menghasilkan produk secara konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Metode Taguchi dapat menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Namun demikian, metode Taguchi memiliki struktur rancangan yang sangat kompleks. Metode ini juga memiliki rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, pemilihan rancangan percobaan harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Hasil percobaan laboratorium, selanjutnya akan dibuat ANOVA yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari variabel (panjang silinder, panjang *cone*,

dan tingkat kekeruhan) terhadap penyisihan kekeruhan secara serentak. Hasil analisis dari ANOVA ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 *Analysis of Variance* (ANOVA) Hasil *Hybrid* PCA-Taguchi

<i>Source</i>	DF	SS	Adj S	Adj MS	F hitung	Pvalue	SS'	ρ (%)
A	2	0,27467	0,27467	0,13734	20,58	0,046	0,26133	37,36
B	2	0,08467	0,08471	0,04235	6,35	0,136	0,07133	10,20
C	2	0,32682	0,32682	0,16341	24,49	0,039	0,31348	44,81
<i>Error</i>	2	0,01335	0,01335	0,00667			0,13831	7,63
Total	8	0,69955						100

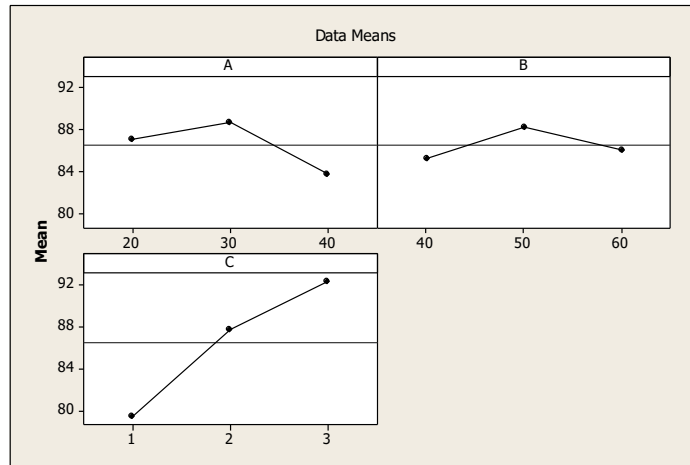
$S = 0,0816911$ $R\text{-Sq} = 98,09\%$ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 92,37\%$

Hasil perhitungan pada Tabel 4.5. A adalah panjang silinder, B adalah panjang *cone*, sedangkan C adalah tingkat kekeruhan. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa ketiga variable tersebut yaitu A, B, dan C telah signifikan mempengaruhi penyisihan kekeruhan secara serentak karena nilai Fhitung lebih besar dari 2. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Al-Fatlawi dan Al-Hashimi (2013) bahwa penggunaan *hydrocyclone* dapat secara efisien mengurangi kekeruhan air. Selain itu juga didapatkan koefisien determinasinya yaitu sebesar 98,09%. Hal itu menunjukkan bahwa secara keseluruhan variabel dapat menggambarkan variabilitas penyisihan kekeruhan sebesar 98,09%, sedangkan 1,91% lainnya digambarkan oleh variabel lain yang belum dimasukkan dalam proses. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel panjang silinder, panjang *cone* dan tingkat kekeruhan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyisihan kekeruhan secara serentak.

Berdasarkan Tabel 4.5, juga dapat diketahui persentase masing-masing variable. Panjang silinder 30 cm memiliki persentase pengaruh dalam penyisihan kekeruhan air secara serentak sebesar 37,36 %. Sedangkan panjang *cone* memiliki persentase pengaruh dalam penyisihan kekeruhan air sebesar 10,20%. Sedangkan Kekeruhan air memiliki persentase sebesar 44,81 %. Dari ketiga variabel yang digunakan, kekeruhan memiliki persentase kontribusi terbesar. Dengan menggunakan metode *hybrid* PCA-Taguchi persentase kontribusi *error* nya sebesar 7,63%.

4.8 Penentuan Kondisi Optimum

Berdasarkan hasil analisa statistik, untuk memperoleh kondisi optimum, yang dipilih adalah yang memberikan nilai efisiensi *overflow* tertinggi untuk masing-masing penyisihan kekeruhan.



Gambar 4.5 *Main Efek Plot* Respon Panjang Silinder dan Panjang Cone

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa variable yang mengoptimumkan penyisihan kekeruhan secara serentak adalah panjang silinder 30 cm, panjang cone 50 cm serta kekeruhan tinggi. Nilai efisiensi *overflow* dari masing-masing variable untuk masing-masing penyisihan dapat dilihat pada Table 4.6 berikut:

Tabel 4.6. Nilai Mean Setiap Level

Level	A	B	C
1	87,1111	85,2478	79,43
2	88,6911	88,2767	87,7467
3	83,7367	86,0144	92,3622

Sumber: Analisis Statistik

Berdasarkan Gambar 4.5 dan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa kondisi optimum dapat dicapai yang memiliki nilai mean efisiensi terbesar. Dimana panjang silinder 30 cm memiliki nilai mean yang lebih besar dari pada panjang silinder 20 cm dan 40 cm. Sehingga variable panjang silinder yang memberikan pengaruh terbesar pada panjang

silinder 30 cm. Begitu juga dengan panjang *cone* 50 cm memberikan pengaruh terbesar dari pada panjang *cone* 40 cm dan 60 cm. Sedangkan untuk kekeruhan, kekeruhan tinggi merupakan kekeruhan yang cocok digunakan dalam alat tersebut.

Di samping itu pula, berdasarkan hasil analisa laboratorium, pasangan silinder 30 cm dan panjang *cone* 50 cm mampu menyisihkan air kekeruhan tinggi (154 NTU) menjadi 9,5 NTU dengan efisiensi penyisihan sebesar 93,83%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, alat hydrocyclone terbuka dapat digunakan untuk pengolahan air pengolahan dengan tinggi kekeruhan tinggi berkisar antara 100-154 NTU.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *hydrocyclone* terbuka sebagai flokulator dapat mengurangi kekeruhan air permukaan dengan panjang silinder yang optimum sebesar 30 cm.
2. Panjang *cone* yang mengoptimalkan pengaruh yang besar secara serentak dalam penyisihkan kekeruhan air permukaan adalah panjang *cone* 50 cm
3. Berdasarkan analisa laboratorium dan analisa statistik, *hydrocyclone* terbuka dapat mengurangi kekeruhan air permukaan dengan presentase mencapai 93,83%. Sehingga *hydrocyclone* terbuka dapat digunakan untuk pengolahan air permukaan dengan tinggi kekeruhan tinggi berkisar antara 100-154 NTU.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis dan pembahasan serta kesimpulan yang didapatkan, ada beberapa hal yang dapat menjadi rekomendasi baik untuk penelitian selanjutnya.

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan penambahan parameter seperti menganalisis berapa kadar alum.
2. Mengganti koagulan sintetis dengan menggunakan koagulan murni karena saat ini, penggunaan alum sudah mulai ditinggalkan.
3. Katub/valve pada *underflow* harusnya dibuka secara berkala agar endapan yang terbentuk pada *cone* tidak mempengaruhi air bersih yang keluar melalui *overflow*.
4. Untuk memperbaiki kualitas air permukaan dengan tingkat kekeruhan antara 100-154 NTU, bisa menggunakan *hydrocyclone* terbuka sebagai flokulator.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts. G., and Santika, S. S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Al-Fatlawi, W, H, A., and Al-Hashimi, O, A, H. 2013. *Improve Water Quality by Cyclone Separator as a Pre-Treatment Technique*. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS) Volume 1 (4). Hal. 576 – 583.
- Arifiani, N, F., and Muchtar, H. 2006. *Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Cooper, C. D., and Alley, F. C. 1986. *Air Pollution Control A Design Approach*. Fourth Edition. WAVELAND press. Inc
- Depkes R.I. 1992. *Modul Pelatihan Kualitas Air*. Jakarta.
- Eckenfelder, Jr. 2000. *Industrial Water Pollution Control 3 th ed*. Mc Graw Hill Book Co. Singapore.
- Environmental Protection Agency. 2002. *Water Treatment Manuals: Coagulation, Flocculation & Clarification*. Wexford, Irlandia.
- Fair, G.M., J.C. Geyer., D.A. Okum. 1971. *Element of Water Supply and Wastewater Disposal*. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- George, T., and Bustom, F, L. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse 3 th ed*. Mc Graw Hill Book Co. Singapore.
- Hadi, A. 2005. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hamzani, S. 2013. *Proses Koagulasi and Flokulasi Menggunakan Gravel Bed Flocculator Untuk Pengolahan Air Sungai Martapura di Kabupaten Kalimantan Selatan*. Tesis Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP ITS Surabaya.

- Hendricks, D. 2006. *Water Treatment Unit Processes, Physical and Chemical*. CRC Press Taylor and Francis Groups. Broken Sound Parkway. New York.
- Jiang, J, Q. 2001. *Development of Coagulation Theory and Pre-Polymerized Coagulants for Water Treatment, Separation & Purification Methode*. Water Research. Vol 30 (1). hal 127-141.
- Kurniawan, A. 2012. *Penentuan Efektifitas Disain Unit Cyclone Untuk Mereduksi Partikulat di Udara*. Proceeding Annual Engineering Seminar 2012. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Hal: D146-D151.
- Kawamura, S. 2000. *Integrated Design and Operating of Water Treatment Facilities, 2 th ed*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Kusmayanti, A. 2014. *Pengaruh Panjang Cone and Tekanan Pada Hydrocyclone Dalam Menurunkan Total Suspended Solid*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS.
- Masduqi, A., and Assomadi, A. F. 2012. *Operasi and Proses Pengolahan Air*. Surabaya: itspress.
- Masduqi, A., and Slamet, A. 2002. *Buku Ajar Satuam Operasi*. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP-ITS Surabaya.
- Masschelein, W.J 1992. *Unit Proses in Drinking Water Treatement*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Motsamai, O. S. 2010. *Investigation of the Influence of Hydrocyclone Geometric and Flow Parameters on Its Performance Using CFD*. Research Article of Hindawi Publishing Corporation Advances in Mechanical Engineering. Hal: 1-12.
- Metcalf and Eddy, Inc. (2004). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. Ed. IV. McGraw-Hill, Singapura.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Pusteklim. 2007. *Pelatihan Teknolgi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah*. Yayasan Dian Desa. Yogyakarta.

- Puteri, A. R. 2011. Studi Penurunan Kekeruhan Air Kali Surabaya dengan Proses Flokulasi dalam Bentuk Flokulator Pipa *Circular*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP-ITS Surabaya.
- Rachmawati, S, W., Iswanto, B., Winarni. 2009. *Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat and Feri Klorida*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol. 5(2). hal 40 – 45.
- Rahmat, F.. 2011. *Efek Panjang Pipa Terhadap Aliran Berkembang Penuh Untuk Air Tawar and Larutan Biopolimer Cairan Beras Hasil Permentasi*. Tesis Jurusan Teknik Mesin. Universitas Indonesia, Depok.
- Reynold, T. D., Richards, P. A. 1996. *Unit Operation and Processes in Environment Engineering. Second Edition*. PWS Publishing Company
- Ruston, A., Ward, A. S., and Holdich, R. G. 2000. *Solid-Liquid Filtration and Separation Technology*. Second Edition. WILEY-VCH.
- Said, N, I. 2010. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Penerbit Pusat Teknologi Lingkungan BPPT. Jakarta.
- Saidi, M., Maddahian, R., and Parhanieh, B. 2013. *Numerical Investigation of Cone Angle Effect on the Flow Field and Separation Efficiency of Deoiling Hydrocyclone*. Journal of Healt Mass Transfer. Vol 49(2). hal: 247-260.
- Soccol, O. J., Rodrigues, L. N., Botrel, T. A., and Ullman, M. N. 2007. *Evaluation of Hydrocyclone as Pre-Filter in Irrigation System*. Journal of Brazillian Archives of Biology and Technology. Vol 50 (2). hal: 193-199.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu Yogyakarta.
- Souza, J. S., Paiva, M. K. N., Farias, F. P. M., Farias Neto, S. R., and Lima, A. G. B. 2012. *Hydrocyclone Application in Produce Water: A Steady-State Numerical Analysis*. Brazillian Journal of Petroleum and Gas. Vol. 6 (3). hal: 133-143.
- Sripriya, R., Kaulaskar, M. D., Chakraborty, S., and Meikap, B. C. 2007. *Studies on the Performance of a Hydrocyclone and Modeling for Flow Characterization in Presence and Absence of Air Core*. Journal of Chemical Engineering Science. Vol 62 (22). hal : 6391 – 6402.

- Sriyono. 2012. *Analisis and Pemodelan Cyclone Separator sebagai Prefilter Debu Karbon pada Sistem Pemurnian Helium Reaktor RGTT200K*. Prosiding Seminar Nasional ke-18. Teknologi and Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir. Bandung 29 September 2012.
- Stevenson, D, G. 1997. *Water Treatment Unit Process*. Imperial Collage Press. London.
- Stumm, W, G., and Morgan, J, J. 1996. *Aquatic Chemistry, Second Edition*. John Wiley and Sons Inc. Singapore.
- Sutrisno, T. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Svarovsky, R., and Thew, M. T. 1992. *Hydrocyclones: Analysis and Applications*. Springer Science & Business Media.
- Sularso., and Tahara, H. 2000. *Pompa and Kompresor*. Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Teixeira, S. R., Souza, A. E., Pena, A. F. V., Lima, R. G. and Miguel, A. G. 2011. *Use of Charcoal and Partially Pyrolyzed Biomaterial in Fly Ash to Produce Briquettes: Sugarcane Bagasse. Alternative Fuel*. CCBY-NC-SA.
- Vieira, L. G. M., Barbosa. E. A., Damasceno, J. J. R., Barrozo, M. A. S. 2005. *Performance Analysis and Design of Filtering Hydrocyclone*. Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 22(1). Hal: 143-152.
- Vijay, V. K., and Agarwel, U. S. 2008. *Study on Centrifugal Clarification of Sugarcane Juice-Possibilities and Limitation*. Agricultural Engineering International. The CIGR E-Journal. Vol. 10 Hal. 1 – 11.
- Wang, L. 2004. *Theoretical Study of Cyclone Design. Decertation of Biological and Agricultural Engineering*. Texas A and M University.
- White, M., Frank., and Hariandja, M. 1998. *Mekanika Fluida (Terjemahan)*. Erlangga, Jakarta.
- Yahyapour, S. *et al.* 2013. *Removal of Tota Suspended Solid and Turbidity Within Experimental Vegetated Channel: Optimization Through Response Surface Methodology*. Journal of Hydro-environment Research. Vol. 20(1) Hal. 1 – 10.

- Yulianti, P, C., 2013. *Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Zainudin, Z., Sayoga, I, M, A., and Nuarsa, M. 2012. *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Mataram. Vol. 2 (2) hal. 2088-2098.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

Tingkat kekeruhan sampel yang digunakan adalah:

1. Kekeruhan rendah <50 NTU
2. Kekeruhan sedang 50 - 100 NTU
3. Kekeruhan tinggi >100 NTU

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LAMPIRAN B

Analisa Kekeruhan

Alat dan Bahan :

1. Kuvet
2. Tissue
3. Aquadest
4. Turbidimeter
5. Sampel air

Prosedur Analisa

1. Nyalakan alat turbidimeter
2. Bilas kuvet dengan aquadest
3. Masukkan sampel ke dalam kuvet hingga hampir penuh
4. Lap bagian luar kuvet dengan menggunakan tissue yang kering
5. Pasang kuvet yang berisi air sampel ke dalam tempatnya pada turbidimeter
6. Lihat dan catat nilai kekeruhan yang muncul pada layer dalam satuan NTU

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LAMPIRAN C

1.1 Perhitungan Desain Proses Koagulasi

Desain proses koagulasi menggunakan pipa dengan baffle/valve. Gambar pipa koagulasi dapat dilihat pada Gambar C1.

Diketahui :

$$\text{Debit yang diolah (Q)} = 2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Waktu kontak (td)} = 20 \text{ detik}$$

$$\text{Jumlah baffle/Gate Valve } \frac{1}{2}\text{Close} = 40 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah belokan/Threaded Reguler } 90^\circ = 10 \text{ buah}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Volume air (V)} &= Q \times td = \\ &= 2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 20 \text{ detik} = 4,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter pipa (Dp)} = 1,27 \text{ cm} = 0,0127 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari pipa (r)} = 6,35 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Kekentalan kenimatis (v)} = 8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Kekentalan absolut cairan } (\pi) = 0,89 \times 10^{-3} \text{ N-det/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang pipa (A)} &= \pi r^2 = 3,14 \times (6,35 \times 10^{-3})^2 \\ &= 1,266 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang Pipa (L)} = \frac{V}{A} = \frac{4,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{1,266 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,25 \text{ m}$$

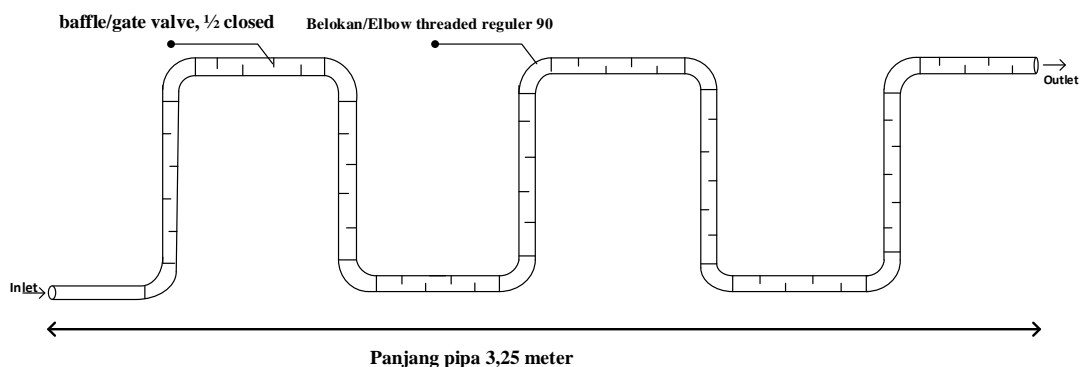
$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{2,06 \times 10^{-5}}{1,266 \times 10^{-4}} = 0,1627 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\text{Headloss mayor} = f \frac{L, v^2}{D, 2, g}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold (NRe)} &= \frac{dv}{v} \\ &= \frac{0,0127 \text{ m} \times 0,1627 \text{ m/dt}}{8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 2321 \text{ Aliran Transisi} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Gesekan pipa (F)} = 0,02 \text{ dari diagram moody}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss mayor (hf)} &= f \frac{L, v^2}{D. 2. g} \\
 &= 0,02 \frac{3,25 \text{ m} \times 0,1627^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,0127 \text{ m} \times 2 \times 9,8} = 6,91 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 \text{Headloss minor (hm)} &= k \frac{v^2}{2, g} \\
 \text{Koefisien gesekan (k)} &= 2,1 \text{ (Gate valve, } \frac{1}{2} \text{ closed)} \\
 \text{Koefisien gesekan (k)} &= 1,7 \text{ (Elbow threaded Regular } 90^\circ) \\
 \text{K total} &= [(k) \text{ Gate valve, } \frac{1}{2} \text{ closed} \times \text{Jumlah Gate} \\
 &\quad \text{Valve } \frac{1}{2} \text{Close} + (k) \text{ Elbow} \\
 &\quad \text{Threaded Regular } 90^\circ \times \text{Jumlah Elbow} \\
 &\quad \text{Threaded Regular } 90^\circ] \\
 &= (2,1 \times 40) + (1,7 \times 10) = 101 \\
 \text{Headloss minor (hm)} &= k \frac{v^2}{2, g} = 101 \times \frac{0,1627^2}{2 \times 9,8} = 0,1364 \text{ m} \\
 \text{Headloss total (h)} &= \text{Headloss mayor (hf)} + \text{headloss minor} \\
 &= 6,91 \times 10^{-3} \text{ m} + 0,1364 \text{ m} \\
 &= 0,1433 \text{ m} \\
 v &= \mu/\rho = \frac{0,890 \times 10^{-3}}{1000} = 8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik} \\
 \text{Gradien Kecepatan (G)} &= \sqrt{\frac{g h}{v, td}} = \sqrt{\frac{9,8 \times 0,1433}{8,9 \times 10^{-7} \times 20}} = 280/\text{detik} \\
 \text{Banyak tumbukan (G,td)} &= 280/\text{detik} \times 20 \text{ detik} = 5600
 \end{aligned}$$



Gambar C1. Pipa Koagulasi

LAMPIRAN D

Perhitungan Desain Proses Floakulasi

1. Untuk tinggi silinder 40 cm

Diketahui :

$$\text{Debit yang diolah (Q)} = 2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \pi \cdot d \cdot \text{tinggi} \\ &= 3,12 \times 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \\ &= 2512 \text{ cm}^3 = 2,512 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu kontak (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{2,512 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}} = 122 \text{ detik}$$

$$\text{Diameter hydrocyclone} = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kekentalan kenimatis (v)} = 8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Kekentalan absolut cairan } (\pi) = 0,89 \times 10^{-3} \text{ N-det/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran inlet (v)} &= \frac{4Q}{\pi d^2} \\ &= \frac{4 \times 2,06 \times 10^{-5}}{3,14 \times 0,0127^2} = 0,1627 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\text{headloss inlet (h)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,1627)^2}{2 \times 9,8} = 1,39 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan tangensial (v)} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{\text{Keliling}}{\text{Kecepatan inlet}} = \frac{2\pi r}{0,1627} = \frac{2 \times 3,14 \times 0,1}{0,1627} = 3,8 \text{ sekon}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan tangensial (v)} &= \frac{2\pi r}{T} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,1}{3,8} = 0,165 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{headloss (h)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,1653)^2}{2 \times 9,8} = 1,39 \times 10^{-3}$$

$$\text{headloss inlet + healoss tangensial} = 1,39 \times 10^{-3} \text{ m} + 1,39 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,78 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$G \text{ flokulasi} = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\mu \cdot V}} = \sqrt{\frac{2,06 \times 10^{-5} \times 1000 \times 9,8 \times 2,78 \times 10^{-3}}{0,890 \times 10^{-3} \times 2,512 \times 10^{-3}}} = 15,84 / \text{detik}$$

$$\text{Banyak tumbukan (G.td)} = 15,84 \times 122 = 1932,48$$

2. Untuk tinggi silinder 30 cm

$$\text{Debit yang diolah (Q)} = 2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \pi \cdot d \cdot \text{tinggi} \\ &= 3,14 \times 20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 1884 \text{ cm}^3 = 1,884 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu kontak (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{1,884 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}} = 91,45 \text{ detik}$$

$$\text{Diameter hydrocyclone} = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kekentalan absolut cairan } (\pi) = 0,89 \times 10^{-3} \text{ N-det/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran inlet (v)} &= \frac{4Q}{\pi d^2} \\ &= \frac{4 \times 2,06 \times 10^{-5}}{3,14 \times 0,0127^2} = 0,1627 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{headloss inlet (h)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,1627)^2}{2 \times 9,8} = 1,350 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan tangensial (v)} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{\text{Keliling}}{\text{Kecepatan inlet}} = \frac{2\pi r}{0,1627} = \frac{2 \times 3,14 \times 0,1}{0,1627} = 3,8 \text{ sekon}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan tangensial (v)} &= \frac{2\pi r}{T} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,1}{3,8} = 0,165 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{headloss (h)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,165)^2}{2 \times 9,8} = 1,389 \times 10^{-3}$$

$$\text{headloss inlet + headloss tangensial} = 1,350 \times 10^{-3} + 1,389 \times 10^{-3} = 2,739 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$G \text{ flokulasi} = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\mu \cdot V}} = \sqrt{\frac{2,06 \times 10^{-5} \times 1000 \times 9,8 \times 2,739 \times 10^{-3}}{0,890 \times 10^{-3} \times 1,884 \times 10^{-3}}} = 18/\text{detik}$$

$$\text{Banyak tumbukan (G.td)} = 18 \times 91,45 = 1660$$

3. untuk tinggi silinder 20 cm

$$\text{Debit yang diolah (Q)} = 2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \pi \cdot d \cdot \text{tinggi} \\ &= 3,14 \times 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \\ &= 1256 \text{ cm}^3 = 1,256 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu kontak (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{1,256 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}} = 61 \text{ detik}$$

$$\text{Diameter hydrocyclone} = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kekentalan absolut cairan } (\pi) = 0,89 \times 10^{-3} \text{ N-detik/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran inlet (v)} &= \frac{4Q}{\pi d^2} \\ &= \frac{4 \times 2,06 \times 10^{-5}}{3,14 \times 0,0127^2} = 0,1627 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{headloss inlet (h)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,1627)^2}{2 \times 9,8} = 1,350 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan tangensial (v)} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{\text{Keliling}}{\text{Kecepatan inlet}} = \frac{2\pi r}{0,1627} = \frac{2 \times 3,14 \times 0,1}{0,1627} = 3,8 \text{ sekon}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan tangensial (v)} &= \frac{2\pi r}{T} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,1}{3,8} = 0,165 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{headloss (h)} = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,165)^2}{2 \times 9,8} = 1,389 \times 10^{-3}$$

$$\text{headloss inlet + headloss tangensial} = 1,35 \times 10^{-3} + 1,389 \times 10^{-3} = 2,739 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$G \text{ flokulasi} = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\mu \cdot V}} = \sqrt{\frac{2,06 \times 10^{-5} \times 1000 \times 9,8 \times 2,739 \times 10^{-3}}{0,890 \times 10^{-3} \times 1,256 \times 10^{-3}}} = 22 / \text{detik}$$

$$\text{Banyak tumbukan (G.td)} = 22 \times 61 = 1356$$

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LAMPIRAN E

A. Pehitungan Waktu Pengendapan (td) dan Overflow Rate

1. Overflow Rate

$$\text{Luas Penampang (A)} = \pi \times r^2 = 3,14 \times 10^2 = 314 \text{ cm}^2 = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Overflow rate} &= \frac{Q}{A} = \frac{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,0314 \text{ m}^2} = 6,56 \times 10^{-4} \text{ m/detik} \\ &= 0,03936 \text{ m/menit} = 2,36 \text{ m/jam}\end{aligned}$$

2. Waktu kontak Pengendapan

- Panjang cone 60 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume cone} &= \pi \times r^2 \times \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \\ &= 3,14 \times 10^2 \times \frac{1}{3} \times 60 \\ &= 6280 \text{ cm}^3 = 6,280 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ \text{waktu kontak (td)} &= \frac{V}{Q} = \frac{6,280 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}} = 304 \text{ detik}\end{aligned}$$

- Panjang cone 50 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume cone} &= \pi \times r^2 \times \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \\ &= 3,14 \times 10^2 \times \frac{1}{3} \times 50 \\ &= 5233 \text{ cm}^3 = 5,233 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ \text{waktu kontak (td)} &= \frac{V}{Q} = \frac{5,233 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}} = 254 \text{ detik}\end{aligned}$$

- Panjang cone 40 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume cone} &= \pi \times r^2 \times \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \\ &= 3,14 \times 10^2 \times \frac{1}{3} \times 40 \\ &= 4186 \text{ cm}^3 = 4,186 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ \text{waktu kontak (td)} &= \frac{V}{Q} = \frac{4,186 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}} = 203 \text{ detik}\end{aligned}$$

B. Perhitungan Scale-up Hydrocyclone

Diketahui :

- Nilai overflow rate untuk masing-masing panjang silinder dan cone adalah sebesar $6,56 \times 10^{-4}$ m/detik = 0,03936 m/menit
- Debit (Q_1) = 20 mL/detik = 0,02 liter/detik
- Diameter silinder (d_2) = 20 cm = 0,2 m

Jika hydrocyclone digunakan untuk mengolah air dengan debit 100 liter/detik (Q_2), maka membutuhkan diameter hydrocyclone sebesar :

$$A = \frac{Q_2}{OVR}$$

$$A = \frac{100 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}}{6,56 \times 10^{-4} \text{ m/detik}}$$

$$A = 152 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$152 \text{ m}^2 = 3,14 \times r^2$$

$$r^2 = \frac{152 \text{ m}^2}{3,14}$$

$$r^2 = 48,547 \text{ m}$$

$$r = 6,967 \text{ m}$$

$$\text{dimeter} = 6,967 \times 2 = 13,93 \text{ meter}$$

Jadi, dibutuhkan dimeter hydrocyclone sebesar 13,93 meter untuk mengolahan air permukaan dengan debit 100 liter/detik dengan proses flokulasi hydrocyclone terbuka.

LAMPIRAN F

A. Perhitungan Kebutuhan Koagulan pada Proses Kontinyu

1. Kekeruhan Rendah

Diketahui :

- Konsentrasi Alum = 1 %
- Nilai Kekeruhan rendah = 46 NTU
- Dosis Koagulan Optimum = 20 mL dalam 1000 mL sampel
- Debit air yang diolah = 20 mL/detik

Kebutuhan koagulan untuk air yang diolah = $\frac{20 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 20 \text{ mL} = 0,4 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} = 24 \text{ ml/menit}$

2. Kekeruhan Sedang

Diketahui :

- Konsentrasi Alum = 1 %
- Nilai Kekeruhan rendah = 84 NTU
- Dosis Koagulan Optimum = 31,25 mL dalam 1000 mL sampel
- Debit air (sampel) yang diolah = 20 mL/detik

Kebutuhan koagulan untuk air yang diolah = $\frac{20 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 31,25 \text{ mL} = 0,625 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} = 37,5 \text{ mL/menit}$

3. Kekeruhan Tinggi

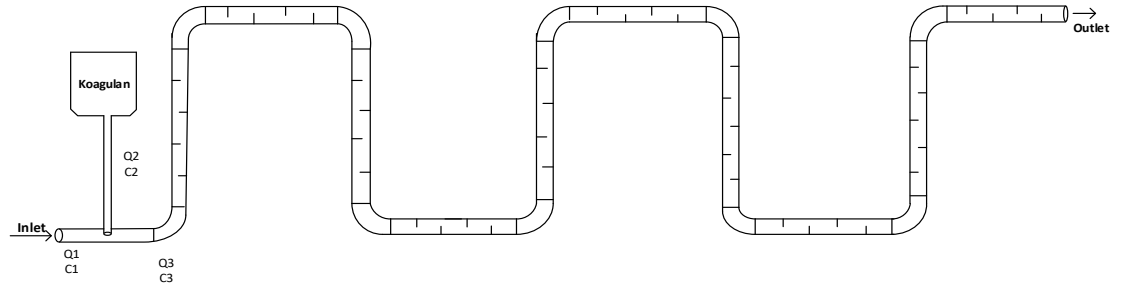
Diketahui :

- Konsentrasi Alum = 1 %
- Nilai Kekeruhan rendah = 154 NTU
- Dosis Koagulan Optimum = 37,5 mL dalam 1000 mL sampel
- Debit air (sampel) yang diolah = 20 mL/detik

Kebutuhan koagulan untuk air yang diolah = $\frac{20 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 37,5 \text{ mL} = 0,75 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} = 45 \text{ mL/menit}$

B. Perhitungan Mass Balance

Gambar pipa koagulasi



1. Kekeruhan rendah 46 NTU

Diketahui :

$$Q_1 = 20 \text{ mL/detik}$$

$$C_1 = 0 \text{ mg/L}$$

$$Q_2 = 0,4 \text{ mL/detik}$$

$$C_2 = 10.000 \text{ mg/L}$$

$$C_3 = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 + Q_2}$$

$$C_3 = \frac{20 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} \times 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,4 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} \times 10.000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{20 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} + 0,4 \frac{\text{mL}}{\text{detik}}}$$

$$C_3 = \frac{0 + 4000}{20,4}$$

$$C_3 = 196 \text{ mg/L}$$

2. Kekeruhan Sedang 84 NTU

Diketahui :

$$Q_1 = 20 \text{ mL/detik}$$

$$C_1 = 0 \text{ mg/L}$$

$$Q_2 = 0,625 \text{ mL/detik}$$

$$C_2 = 10.000 \text{ mg/L}$$

$$C_3 = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 + Q_2}$$

$$C_3 = \frac{20 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} \times 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,625 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} \times 10.000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{20 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} + 0,625 \frac{\text{mL}}{\text{detik}}}$$

$$C_3 = \frac{0 + 6250}{20,625}$$

$$C_3 = 303 \text{ mg/L}$$

3. Kekeruhan Tinggi 154 NTU

Diketahui :

$$Q_1 = 20 \text{ mL/detik}$$

$$C_1 = 0 \text{ mg/L}$$

$$Q_2 = 0,75 \text{ mL/detik}$$

$$C_2 = 10.000 \text{ mg/L}$$

$$C_3 = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 + Q_2}$$

$$C_3 = \frac{20 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} \times 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,75 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} \times 10.000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{20 \frac{\text{mL}}{\text{detik}} + 0,75 \frac{\text{mL}}{\text{detik}}}$$

$$C_3 = \frac{0 + 7500}{20,75}$$

$$C_3 = 361 \text{ mg/L}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LAMPIRAN G

A. Hasil Analisa kekeruhan rendah (46 NTU) dengan dosis optimum

Koagulan 20 mL/1000 mL sampel

No	Panjang Silinder dan Cone (cm)	Inlet (NTU)	Menit ke	Overflow (NTU)	Rata-rata overflow (NTU)	Underflow (NTU)	% Removal
1	40 dan 60	46	0	12,1	12,76	824	72,26
			5	11,5			
			10	13,8			
			15	13,6			
			20	12,8			
2	40 dan 50	46	0	9,6	11,62	932	74,74
			5	12,7			
			10	11,8			
			15	12,1			
			20	11,9			
3	40 dan 40	46	0	10,82	11,36	875	75,30
			5	13,5			
			10	11,7			
			15	10,2			
			20	10,6			
4	30 dan 60	46	0	7,9	7,94	1148	82,74
			5	6,92			
			10	6,77			
			15	8,54			
			20	9,56			
5	30 dan 50	46	0	2,97	3,85	1015	91,63
			5	3,26			

			10	3,48			
			15	5,32			
			20	4,23			
6	30 dan 40	46	0	10,5	9,2	1025	80,01
			5	12,48			
			10	7,62			
			15	7,14			
			20	8,24			
7	20 dan 60	46	0	8,76	10,40	875	77,38
			5	10,56			
			10	11,3			
			15	10,9			
			20	10,5			
8	20 dan 50	46	0	7,06	8,05	960	82,49
			5	6,92			
			10	6,97			
			15	9,79			
			20	9,53			
9	20 dan 40	46	0	8,85	9,97	952	78,32
			5	8,8			
			10	8,67			
			15	10,98			
			20	12,56			

B. Hasil Analisa kekeruhan sedang (84 NTU) dengan dosis optimum

Koagulan 31, 25 mL/1000 mL sampel

No	Panjang Silinder dan Cone (cm)	Inlet (NTU)	Menit ke	Overflow (NTU)	rata-rata overerflow (NTU)	Underflow (NTU)	%removal
1	40 dan 60	84	0	16,5	11,99	1783	85,73
			5	13,1			
			10	9,47			
			15	11,9			
			20	8,96			
2	40 dan 50	84	0	9,4	13,28	1392	84,19
			5	19,8			
			10	12,9			
			15	12,6			
			20	11,7			
3	40 dan 40	84	0	5,24	12	1311,8	85,71
			5	18,9			
			10	9,68			
			15	15,4			
			20	10,8			
4	30 dan 60	84	0	10	11,46	1492	86,36
			5	13,2			
			10	10,9			
			15	12			
			20	11,2			
5	30 dan 50	84	0	8,28	6,07	1482	92,77
			5	6,13			
			10	4,94			
			15	5,7			
			20	5,3			
6	30 dan 40	84	0	11,2	10,60	1543	87,39

			5	12,1			
			10	9,74			
			15	10,5			
			20	9,44			
7	20 dan 60	84	0	8,66	6,88	1783	91,80
			5	7,54			
			10	6,34			
			15	6,09			
			20	5,79			
8	20 dan 50	84	0	7,77	7,30	1534	91,30
			5	9,24			
			10	7,67			
			15	5,78			
			20	6,06			
9	20 dan 40	84	0	14,1	13,06	1514	84,46
			5	11,6			
			10	11,98			
			15	15,4			
			20	12,2			

C. Hasil Analisa kekeruhan tinggi (154 NTU) dengan dosis optimum

Koagulan 37,5 mL/1000 mL sampel

No	Panjang Silinder dan Cone (cm)	Inlet (NTU)	Menit ke	Overflow (NTU)	rata-rata overerflow (NTU)	Underflow (NTU)	%removal
1	40 dan 60	145	0	8,37	10,54	1873	92,73
			5	11,8			
			10	11,9			
			15	10,9			
			20	9,73			
2	40 dan 50	145	0	3,87	9,772	1563	93,26
			5	13,7			
			10	12,2			
			15	9,85			
			20	9,24			
3	40 dan 40	145	0	7,55	17,11	1356	88,20
			5	24,5			
			10	18,7			
			15	17,8			
			20	17			
4	30 dan 60	145	0	6,07	12,26	1762	91,54
			5	21,9			
			10	12,9			
			15	10,5			
			20	9,95			
5	30 dan 50	145	0	9,4	13,16	1747	90,92
			5	14,3			
			10	13,8			
			15	14,5			
			20	13,8			
6	30 dan 40	145	0	6,16	9,50	1584	93,445517

			5	11,5			
			10	9,55			
			15	9,41			
			20	10,9			
7	20 dan 60	145	0	15,2	11,33	1950	92,19
			5	11,5			
			10	9,47			
			15	9,16			
			20	11,3			
8	20 dan 50	145	0	12,2	11,92	1457,2	91,78
			5	10,8			
			10	9,09			
			15	14,4			
			20	13,1			
9	20 dan 40	145	0	11,6	10,28	1478	92,91
			5	9,95			
			10	11,7			
			15	9,16			
			20	8,97			

LAMPIRAN G



Uji Dosis Koagulan Optimum



Air Sungai JI, Semolowaru



Rangkaian reaktor



Hasil removal kekeruhan dengan flokulator hydrocyclone terbuka



Silinder 40 cm dan cone 40 cm



Silinder 20 cm dan cone 50 cm

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Taufik Abdullah, dilahirkan di Mataram 2 Februari 1987. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu SDN Tambang Eleh, Jagaraga, MTs. Yusuf Abdussatar Kediri Lombok Barat, SMAN 1 Gerung tahun 2007. Kemudian melalui Jalur PMJK, penulis diterima di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram pada tahun 2007, memperoleh gelar Sarjana Sains pada tahun 2012 dengan judul skripsi **“Pembuatan Sambun Mandi Cair dari Minyak Inti Buah Nyamplung (*Collophylum inophyllum*)”**. Sejak di kampus, penulis begitu menyukai dunia pendidikan. Karena kecintaanya itu, selepas wisuda penulis bergabung dalam program Sekolah Guru Indonesia-Dompet Dhu’afa. SGI Dompet Dhuafa kemudian menugaskan penulis selama satu tahun sebagai guru model di daerah tertinggal di Way Kanan Lampung.

Ditengah upaya dalam berikan kontribusi dalam bidang Pendidikan, penulis mendapat kesempatan menempuh kuliah Strata Dua (S2) dengan beasiswa dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (Februari 2016-Maret 2018) dengan mengambil jurusan Teknik Lingkungan. Penulis kemudian mendapat gelar Magister Teknik pada tahun 2018 dengan judul tesis **“Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan Dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka”**. Segala saran dan kritik prihal tesis yang membangun maupun bertegus sapa agar lebih mengenal penulis dapat menghubungi melalui email taufik.abdullah88@gmail.com, web pribadi <https://pendidikberpena.wordpress.com>.